Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ MLSD'2019

МАТЕРИАЛЫ ДВЕНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(1–3 ОКТЯБРЯ 2019 г., МОСКВА, РОССИЯ)

Под общей редакцией академика С.Н. Васильева, д.т.н. А.Д. Цвиркуна

НАУЧНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

Москва
ИПУ РАН
2019

УДК 007:004:658.012.011.56

ББК 32.973-018.2:32.965

Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019) [Электронный ресурс] **:** материалы Двенадцатой междунар. конфер, 1–3 окт. 2019 г., Москва / под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна ; Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук . – Электрон. текстовые дан. (26,1 Мб). – М.: ИПУ РАН, 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: Pentium 4; 1,3 ГГц и выше; Internet Explorer; Acrobat Reader 4.0 или выше. – Загл. с экрана.
– ISBN 978-5-91450-237-6.

В научном электронном издании представлены материалы Двенадцатой международной научно-технической конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019)» по следующим направлениям:

- Проблемы управления развитием крупномасштабных систем, включая ТНК, Госхолдинги и Госкорпорации.
- Методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами.
- Управление развитием цифровой экономики. Проектные офисы и ситуационные и прогнозно-аналитические центры, институты развития крупномасштабных систем.
- Имитация и оптимизация в задачах управления развитием крупномасштабных систем.
- Нелинейные процессы и вычислительные методы в задачах управления крупномасштабными системами.
- Управление развитием банковских и финансовых систем.
- Управление топливно-энергетическими, инфраструктурными и другими системами.
- Управление транспортными системами.
- Управление развитием авиационно-космических и других крупномасштабных организационно-технических комплексов.
- Управление развитием региональных, городских и муниципальных систем.
- Управление объектами атомной энергетики и другими объектами повышенной опасности.
- Информационное и программное обеспечение систем управления крупномасштабными производствами.
- Методология, методы и программно-алгоритмическое обеспечение обработки и интеллектуального анализа больших массивов информации.
- Мониторинг в управлении развитием крупномасштабных систем.
- Управление развитием крупномасштабных систем здравоохранения, медико-биологических систем и технологий.
- Управление развитием социальных систем.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников и специалистов в области управления крупномасштабными системами.

Текст научного электронного издания
воспроизводится в том виде, в котором представлен авторами

Утверждено к изданию Программным комитетом конференции

ISBN 978-5-91450-237-6

© ИПУ РАН, 2019

Программный комитет

Председатель:

Васильев Станислав Николаевич - академик РАН, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН.

Заместитель председателя:

Цвиркун Анатолий Данилович - д. т. н., профессор, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН.

Члены комитета:

Новиков Дмитрий Александрович — член-корр. РАН, директор Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Ивантер Виктор Викторович — академик РАН, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН;
Макаров Алексей Александрович — академик РАН, Институт энергетических исследований РАН;
Макаров Валерий Леонидович — академик РАН, Центральный экономико-математический институт РАН;
Попков Юрий Соломонович — академик РАН, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Филиппов Сергей Петрович — академик РАН, директор Институт энергетических исследований РАН;
Воропай Николай Иванович — член-корр. РАН, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН;
Гринберг Руслан Семенович — член-корр. РАН, Институт экономики РАН;
Данилов-Данильян Виктор Иванович — член-корр. РАН, Институт водных проблем РАН;
Махутов Николай Андреевич — член-корр. РАН, Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН;
Резчиков Александр Федорович — член-корр. РАН, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Салыгин Валерий Иванович — член-корр. РАН, директор Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО (У) МИД России;
Суслов Виктор Иванович — член-корр. РАН, зам. директора Института экономики и организации промышленного производства СО РАН;
Кутахов Владимир Павлович — д. т. н., профессор, директор проектного комплекса «Роботизированные авиационные системы», ФБГУ Национальный исследовательский центр «Институт им. Н. Е. Жуковского»;
Бурков Владимир Николаевич — д. т. н., профессор, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Пащенко Федор Федорович — д. т. н., профессор, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Варнавский Владимир Гаврилович — д. э. н., профессор, Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е. М. Примакова РАН (ИМЭМО РАН);
Алескеров Фуад Тагиевич — д. т. н., профессор, зав. кафедрой ГУ ВШЭ;
Ерешко Феликс Иванович — д. т. н., профессор, Вычислительный центр им. А. А. Дородницына Российской академии наук Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН;
Ерзнкян Баграт Айкович — д. э. н., профессор, Центральный экономико-математический институт РАН;
Лебедев Валентин Григорьевич — д. т. н., ученый секретарь, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Нижегородцев Роберт Михайлович — д. э. н., профессор, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Ахметзянов Атлас Валиевич — к. т. н., Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Кушнер Алексей Гурьевич — д. ф.-м. н., Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова;
Пехтерев Федор Степанович — д. э. н., ген. директор ОАО «Институт экономики и развития транспорта»;
Полетыкин Алексей Григорьевич — д. т. н., Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Поляк Борис Теодорович — д. т. н., профессор, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Эскиндаров Михаил Абдурахманович — д. э. н., профессор, ректор Финансового университета, независимый член советов директоров ряда крупных промышленных объединений и банков;
Соловьев Владимир Игоревич — д. э. н., профессор, руководитель департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Финансового университета, федеральный эксперт научно-технической сферы;
Узяков Марат Наильевич — д. э. н., профессор, зам. директора Института народнохозяйственного прогнозирования РАН;
Ядыкин Игорь Борисович — д. т. н., профессор, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Веселов Федор Вадимович — к. э. н., зам. директорва Института энергетических исследований РАН;
Гончаренко Станислав Степанович — к. э. н., президент Евроазиатского транспортного инновационного центра;
Степановская Ираида Александровна — к. т. н., Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН;
Ashimov Abdykappar Ashimovich — Doctor of Technical Science, National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head. Lab. MAIN, Alma-Ata, Kazakhstan;

Bushuyev Sergey Dmitrievich — Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Head. the Department KNUiSA, Ukraine;
Dimitrov Lubomir — Prof. PhD Eng., Vice-Rector of Technical University of Sofia, Sofia, Bulgaria;
Dolgui Alexandre — Professor of Industrial Engineering, IMT Atlantique, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Saint-Etienne, France;
Yalaoui Farouk — Ph. D, in Production Management, University of Technology, Troyes, France;
Filip Florin Gheorghe — Academician, National Institute for Research and Development (R&D) in Informatics (I. C. I.), Bucharest, Romania;
Inzelt Peter — Computer and Automation Research Institute (SZTAKI), Hungarian Academy of Sciences, director of Institute, Budapest, Hungary;
Kadyrov Amanullah Azizovich — PhD, Head. Chair of the Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan;
Karcanias Nicholas — Professor of Control Theory and Design, City, University of London, London, United Kingdom;
Kopacek Peter — Professor, IPC Co Chair at Intelligent Handing and Robotics (IHRT), Vienna University of Technology, Wien, Austria;
Kulikovsky Roman — Dr., System Research Institute of Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland;
Stapleton Larry — Ph. D., Waterford Institute of Technology (WIT), Waterford, Republic of Ireland;
Le Hung Lan — Professor, National Center for Technological Progress (NACENTECH), Director of Institute, Khanoy, Vietnam;
Lychagin Valentin V. — Professor, The Arctic University of Norway, Tromso;
Majanne Yrjö — Department of Automation Science and Engineering, Tampere University of Technology, Tampere, Finland;
Meerkov Semyon M. — Life Fellow of IEEE, Professor, Electrical Engineering and Computer Science of the University of Michigan, Michigan, United States;
Napel Stefan — Prof. Dr., The University of Bayreuth, Bayreuth, Germany;
Nikiforov Igor — PhD, University of Technology, Troyes, France;
Ricca Federica — Dr., Professor ass., the Department of Methods and Models of Economy, Territory and Finance, Sapienza University, Roma, Italy.

Организационный комитет

Председатель:

Цвиркун Анатолий Данилович.

Члены комитета:

Степановская Ираида Александровна (секретарь);
Пятницкая Марина Валентиновна;
Кузнецова Татьяна Сергеевна;
Сырых Лора Алексеевна;
Самошина Анна Ивановна;
Сальников Антон Михайлович;
Батов Алексей Владимирович;
Боронин Иван Андреевич.
Шувалов Константин Игоревич

Предисловие

Международная конференция "Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019)" проводит обсуждения научных исследований по следующим направлениям:

- Проблемы управления развитием крупномасштабных систем, включая ТНК, Госхолдинги и Госкорпорации.
- Методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами.
- Управление развитием цифровой экономики. Проектные офисы и ситуационные и прогнозно-аналитические центры, институты развития крупномасштабных систем.
- Имитация и оптимизация в задачах управления развитием крупномасштабных систем.
- Нелинейные процессы и вычислительные методы в задачах управления крупномасштабными системами.
- Управление развитием банковских и финансовых систем.
- Управление топливно-энергетическими, инфраструктурными и другими системами.
- Управление транспортными системами.
- Управление развитием авиационно-космических и других крупномасштабных организационно-технических комплексов.
- Управление развитием региональных, городских и муниципальных систем.
- Управление объектами атомной энергетики и другими объектами повышенной опасности.
- Информационное и программное обеспечение систем управления крупномасштабными производствами.
- Методология, методы и программно-алгоритмическое обеспечение обработки и интеллектуального анализа больших массивов информации.
- Мониторинг в управлении развитием крупномасштабных систем.
- Управление развитием крупномасштабных систем здравоохранения, медико-биологических систем и технологий
- Управление развитием социальных систем.

Крупномасштабные системы – это класс сложных (больших) систем, характеризующихся комплексным (межотраслевым, межрегиональным) взаимодействием элементов, распределенных на значительной территории, требующих для развития существенных затрат ресурсов и времени.

Типичные примеры крупномасштабных систем: топливно-энергетический комплекс и отдельные его отрасли, транспортные, аграрно-промышленные, территориально-промышленные, региональные и отраслевые системы, холдинги, концерны, финансово-промышленные группы, распределенные системы передачи и обработки информации и другие комплексы.

Основные особенности крупномасштабных систем:

- Значительные затраты ресурсов и времени на развитие систем, заблаговременность инвестиционных мероприятий может составлять несколько лет.
- Размытость границ (в процессе развития состав элементов системы и характер их взаимосвязи и с внешней средой изменяются; территория, охватываемая системой, может расширяться от региональных до глобальных масштабов).
- Тесная взаимосвязь с другими крупномасштабными системами и с окружающей средой.
- Комплексный характер управления (в частности, требуется согласование отраслевых, корпоративных и региональных интересов).
- Грубость и устойчивость, небольшие отклонения в параметрах развития отдельных элементов и их взаимосвязей мало влияют на развитие систем в целом.
- Другие характеристики сложных (больших) систем.

Тематика конференции посвящена различным направлениям теории и приложений управления развитием крупномасштабных систем, методам и инструментальным средствам управления инвестиционными проектами и программами.

Методы исследования таких систем должны учитывать комплексный характер управления, сложную структуру и взаимосвязь с другими системами и с окружающей средой и строятся на основе методологии построения комплексов взаимосвязанных моделей и оптимизационно-имитационного подхода. Конференция проводится ежегодно и позволяет объединять усилия научных сотрудников, занятых проблематикой управления развитием крупномасштабных систем, помогает знакомиться с результатами выполненных исследований и разработок, планировать будущие исследования.

Председатель Программного комитета – академик С.Н. Васильев.

Заместитель председателя Программного комитета – д.т.н. А.Д. Цвиркун

Содержание

Пленарные доклады 31

МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ФАКТОРА РЫНОЧНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ
Цвиркун А.Д., Акинфиев В. К., Коротеев М.В. *31*

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СИСТЕМНЫЕ ЭФФЕКТЫ
Филиппов С.П., Дильман М.Д. *38*

ОТ ЛОКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ К ГЛОБАЛЬНОМУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ОБЪЕДИНЕНИЮ: КОНЦЕПЦИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОБЛЕМЫ
Воропай Н.И., Подковальников С.В. *46*

РАВНОВЕСНЫЕ СОСТОЯНИЯ И КОАЛИЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТОСТИ
Суслов В. И., Доможиров Д. А., Ибрагимов Н. М. *53*

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ РАЗВИТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ
Авдеева З.К., Райков А.Н., Бауэр В.П., Сильвестров С.Н., Славин Б.Б.,.
Зацаринный А.А., Колин К.К., Лепский В.Е., Малинецкий Г.Г. *59*

ВИТАСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ БЕСКОНФЛИКТНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
Алакоз Г.М., Пляскота С.И., Аюпов А.И., Кутахов В.П. *65*

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЫ
Баранов В.В. *77*

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ
Варнавский В.Г. *90*

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ
Ерешко Ф.И., Гасанов И.И., Горелов М.А. *97*

МЕТОДИЧЕСКОЕ, КАДРОВОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ ПРОРЫВНОГО РАЗВИТИЯ
Ириков В.А. *108*

СИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ
Лившиц В.Н., Тищенко Т.И., Фролова М.П., Лившиц С.В. *118*

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СУПЕРВИЗОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АЭС
Полетыкин А.Г. *126*

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РОССИИ
Салыгин В.И., Гулиев И.А., Маркин А.С. *134*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РАБОТКЕ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ
Соркин Л.Р., Шишорин Ю.Р., Цодиков Ю.М. *139*

СТРУКТУРНАЯ ПОЛИТИКА И МОДЕЛИ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ
Сухарев О.С. *153*

ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ
Цыганов В.В. *163*

МЕТОДЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ
Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. *166*

СЕКЦИЯ 1: ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЯ ТНК, ГОСХОЛДИНГИ И ГОСКОРПОРАЦИИ 179

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ РЫНОЧНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ
Акинфиев В. К. *179*
МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМИ ПРОГРАММАМИ
Бирюков Н.С. *183*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА МИРОВОМ РЫНКЕ СТАЛИ В СОВРЕМЕННОМ ПЕРИОДЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РЕЦЕССИИ
Богданов С.В. *186*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕНОВЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРАТЕГИЙ ОБНОВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА БАЗЕ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНТНОГО РЫНКА
Веселов Ф.В., Ерохина И.В., Никулина Е.А. *189*
УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ИНТЕГРАТИВНЫМИ И ИНТЕГРАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В ЕАЭС: ЦИФРОВАЯ СМАРТ-ПЛАТФОРМА
Гайноченко Т.М. *191*
ФАКТОРЫ НЕЧЕТКОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПРОЕКТОВ, ХОЛДИНГОВ И СПОСОБЫ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ
Голубев М.П. Попова Е.В. *195*
ВЗГЛЯД НЕЗАВИСИМОГО ЭКСПЕРТА НА ПОСТАНОВКУ И РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ
Голубев М.П. *197*
СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ КАК КРУПНОМАСШТАБНАЯ СИСТЕМА: АНАЛИЗ МАРШРУТОВ В ОПРЕДЕЛЕННЫХ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ
Горошникова Т.А., Ильинский А.И. *200*
УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ: ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИННОВАЦИИ В ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ
Горский Ю.В., Овсяник А.И., Сидоренко Г.Г., Терновсков В.Б., Григорьев С.М., Данилина М.В., Пименов Н.А., Синицын И.В. *203*
ФИКТИВНЫЙ КАПИТАЛ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТСТАЛОСТЬ СКВОЗЬ ПРИЗМУ ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНЫХ ОТНОШЕНИЙ
Динец Д. А. *206*
РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ГИПОТЕЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ РЕГИОНОВ (НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВА)
Есикова Т.Н., Гордин М.С. *209*
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ФОРМАЛЬНЫХ ИНСТИТУТОВ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ
Зенина Н.Н. *212*
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ИНСТИТУТОВ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ
Зенина Н.Н., Зенин Р.Е. *214*
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕГО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ С НЕОДНОРОДНЫМИ УЧАСТНИКАМИ
Зиндер Е.З. *217*
СЦЕНАРНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЛДИНГА
Исаева Н.А. *220*
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЙ
Кожевина О.В., Салиенко Н.В., Старожук Е.С., Клюева В.А. *223*
РОССИЙСКИЙ РЫНОК АВТОМОБИЛЕЙ LADA И ФАКТОРЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ
Макаров В.В. *226*

УДОРОЖАНИЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ВНУТРЕННЕМ РЫНКЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ В 2019 ГОДУ
Малахов В.А., Несытых К.В. *229*
ГАРАНТИРОВАННОЕ УНИЧТОЖЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ РЕЗИДЕНТА ОСОБОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ САНКЦИЯМИ
Масаев С.Н. *232*
ПРИНЦИПЫ И КАТЕГОРИИ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНФЛИКТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ
Мистров Л.Е. *235*
РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИКЛА КРЕБСА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ В КРУПНОМАСШТАБНОЙ СИСТЕМЕ
Реут Д.В., Баранов М.И., Майоров С. О. *239*
СТРАТЕГИИ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ
Самсонова Т.А., Фесянова О.А. *242*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ТРАНСФОРМАЦИИ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РФ В УСЛОВИЯХ УЖЕСТОЧЕНИЯ КОНКУРЕНЦИИ
Тарасов А.Э. *244*
СИНТЕТИЧЕСКАЯ КВАЛИМЕТРИЯ КАК ОСНОВА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ
Титов А. В. *247*
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ
Титов А.В. *250*
ДЕКОМПОЗИЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК ЭЛЕМЕНТ ФОРМИРВОАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Цыбулевский С.Е. *253*

СЕКЦИЯ 2: МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ И ПРОГРАММАМИ 255

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ РЕПУТАЦИИ ИНВЕСТОРА В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕАЛИЗАЦИИ МЕГАПРОЕКТА
Бакуменко М.А., Сигал А.В. *255*
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ФОРМИРОВАНИЮ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОГРАММ В СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ
Бурков В.Н., Еналеев А.К. *258*
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ФРАНЦИИ
Бюффэ Р., Трегуб И.В. *260*
К ВОПРОСУ ОБ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЕ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕГИОНАХ
Виноградова Е.П., Шамба Д.В. *263*
ПРИНЦИПЫ ОПТИМАЛЬНОСТИ В СТОХАСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ ФОНДОВОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ
Горелик В.А., Золотова Т.В. *266*
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЛЛЬНЫХ ОЦЕНОК
Гусев В.Б. *269*
МЕХАНИЗМЫ СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ
Еналеев А.К. *272*
БАЗОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ «ИНДУСТРИЯ 4.0»
Заложнев А.Ю., Гинз В.Н. *275*

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ НА ЭТАПЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ
Заложнев А.Ю., Заложнева Л.Л., Перемежко Д.В. 277
К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ТУРИЗМА
Захаров А.Н., Игнатьев А.А. 279
МЕХАНИЗМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ПРОЕКТОВ, БАЗИРУЮЩИЕСЯ НА ОТНОШЕНИЯХ ДОМИНИРОВАНИЯ С *K*-ЫМ ПОРЯДКОМ СТРОГОГО ПРЕДПОЧТЕНИЯ
Корнеенко В.П. 281
ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ СПОРТИВНЫМ КЛУБОМ
Корнилова С.А., Сизых Н.В. 284
МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С УСЛОВИЕМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ
Куракин П. В. 287
ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЭКОНОМИКЕ РОССИИ
Лившиц В.Н., Тищенко Т.И., Фролова М.П., Лившиц С.В. 290
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ НА ДОХОДНОСТЬ КОНТРАКТОВ В ОБЛАСТИ НАУКОЕМКИХ ПРОЕКТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Масленикова И.Л., Бром А.Е., Белоносов К.Ю. 292
ФОРМИРОВАНИЕ СМЕШАННОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ
Сыроваткин А. С. 294
ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ХЕРСТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КУРСОВ АКЦИЙ В УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ
Сизых Д.С., Сизых Н.В. 297
АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ
Тюхова Е.М., Сизых Д.С. 300

СЕКЦИЯ 3: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ. ПРОЕКТНЫЕ ОФИСЫ И СИТУАЦИОННЫЕ И ПРОГНОЗНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЦЕНТРЫ, ИНСТИТУТЫ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ 304

ВИРТУАЛЬНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН В СИСТЕМЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ: МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ИНТЕРЕСОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА
Авдеева З.К., Коврига С.В. 304
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ СТРАНЫ
Ерешко Ф.И., Меденников В.И., Богатырева Л.В. 307
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РОССИИ
Зацаринный А.А. 310
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СЛОЖНОЙ СЕТИ ПОКАЗАТЕЛЯМ КОРПОРАТИВНОЙ ПОЛИТИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Козлов А.Д., Нога Н.Л. 313
АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА
Курчеева Г.И., Клочков Г.А. 315
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СУБЪЕКТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ
Лосева О.В., Абдикеев Н.М. 318

КОНВЕРГЕНТНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЦЕЛОСТНОЙ СБОРКИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ РАЗВИТИЯ И КОГНИТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Райков А.Н. *321*
ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК НОВЫЙ ДРАЙВЕР ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА
Рассказова А.Н., Юргенсон В.В. *324*
СЕМИОТИЧЕСКАЯ МАШИНА «КАЛЕЙДОСКОПИЧЕСКИЙ КОНФИГУРАТОР» КАК МОДЕЛЬ СПОСОБА СУЩЕСТВОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ, ИНСТРУМЕНТ ЕЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ
Реут Д.В. *327*
РАЗВИТИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ
Сидоренко Г.Г., Терновсков В.Б., Григорьев С.М., Данилина М.В. Овсяник А.И., Пименов Н.А., Сидоренко О.Г., Родионов А.С. *329*
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЙ СФЕРЕ
Сухоруков А.И., Ерошкин С.Ю., Богданова Е.Н. *331*

СЕКЦИЯ 4: ИМИТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ 335

О НЕКОТОРЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ МЕТОДОЛОГИИ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПУТЯХ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ
Абрамова Н.А. *335*
КРИТЕРИЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ СПЕКТРА МАТРИЦЫ В ОБЛАСТИ, ОГРАНИЧЕННОЙ ЭЛЛИПСОМ, С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЯ КРЕЙНА
Агаев Р.П. *338*
СВОЙСТВА ПРОЦЕДУРЫ УПОРЯДОЧЕНИЯ В СЦЕНАРНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПО CC-VAR
Агасандян Г.А. *341*
ОПЦИОННАЯ МОДИФИКАЦИЯ СЦЕНАРНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ПО CC-VAR
Агасандян Г.А. *344*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СЕТОЧНЫХ МЕТОДАХ РАВНОМЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
Антонова Г.М. *347*
ЗАДАЧА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА КРЕДИТНО-ДЕПОЗИТНОЙ ПОЛИТИКИ КОАЛИЦИИ ЗАЁМЩИКОВ
Байрамов О.Б., Сытов А.Н. *350*
ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СВЕРХУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ
Берсенев Н.В., Уткин В.А. *353*
МОДЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК МЕТОД САПР ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ
Бродский Ю.И. *354*
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ОЧЕРЕДЯМИ В СРЕДЕ GPSS STUDIO
Габалин А.В., Девятков В.В. *357*
ПОНЯТИЙНЫЕ ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ТРЕБУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ
Гинсберг К.С. *360*
КОМБИНИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ РАБОТ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ
Гончар Д.Р. *363*
УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
Горелов М.А *365*

НОВЫЕ СВОЙСТВА СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
Гранин С.С., Мандель А.С ... 368
МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОБУЧАЮЩИХ МНОЖЕСТВ В ЗАДАЧАХ НЕЙРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ РОБОТАМИ
Диане С.А.К., Лесив Е.А., Зинченко И.В. ... 369
АВТОМАТНЫЕ И РЕКУРРЕНТНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ
Епифанов А.С. ... 372
НЕЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛЯТОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕАФФИННЫМ МНОГОСВЯЗНЫМ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ ПО УПРАВЛЕНИЮ И СОСТОЯНИЮ
Еремин Е.Л., Чепак Л.В., Шеленок Е.А. ... 375
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
ЗверьковВ.П., Кузищин В.Ф., СабанинВ.Р. ... 378
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В АГРОСТРАХОВАНИИ
Киселев В.Г. ... 381
АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОРОЖДАЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Ковалёв С.П. ... 384
ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К НЕЙРОЭВОЛЮЦИОННОМУ ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Коротеев М.В. ... 387
СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО УПРАВЛЕНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ КООПЕРАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СЕТЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ
Лосев А.А., Абдикеев Н.М., Гайдамака А.И. ... 390
АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕСУРСОЕМКОСТИ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Лукацкий А.М., Федорова Г.В. ... 393
ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПЛАТЕЖА НА РЕЖИМ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В НЕАНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИГРЕ
Мохонько Е.З. ... 395
ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СИСТЕМНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ
Орлова Е.В. ... 398
ADAPTIVE CONTROL OF SUPPLIES AND ADVERTISING
Reshetnikova G.N., Kotcubinskiy V.P., Khabibulina N.Yu. ... 401
ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЙ РАЗРАБОТКИ ГРУППЫ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
Соломатин А.Н. ... 402
ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ ВНЕДРЕНИЯ SRM-СИСТЕМ И ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО СЦЕНАРИЯ
Строганова Я.С., Половинкина А.И., Кротова А.С. ... 405
МИНИМАКС И МАКСИМИН В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ
Топка В.В., Цвиркун А.Д. ... 407
ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕМАНИПУЛИРУЕМОСТИ
Щепкин А.В. ... 410
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЛИКВИДАЦИЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ НАВОДНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАТОПЛЕНИЯ Г. АТКАРСКА
Хамутова М. В., Кушников В. А., Резчиков А. Ф. ... 414
ДИАГНОСТИКА ПРОТИВОРЕЧИВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
Цодиков Ю.М. ... 418

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОДНОЙ МАКРОМОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА
Черняев А.П., Прончева О.Г., Меерсон А.Ю. *421*
О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОПЕРАЦИОННОГО ИГРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
Шевченко В.В. *424*
МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТАХ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЁРСТВА
Цвиркун А.Д., Ерешко Ф.И. *427*
ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЗАИМОРАЗВИТИЯ МАКРО И МИКРОЭКОНОМИКИ
Юркевич Е.В., Крюкова Л.Н. *430*
РАЗРАБОТКА ИНВАРИАНТНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВ
Яндыбаева Н. В., Кушников В. А., Резчиков А. Ф., Иващенко В. А. *433*

СЕКЦИЯ 5: НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СИСТЕМАМИ 437

СРАВНЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ С ПРОГНОЗИРУЮЩИМИ МОДЕЛЯМИ С РЕГУЛЯТОРОМ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
Белинская Ю.С., Макаров Д.А. *437*
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ НЕФТИ И БИТУМА ПО ТЕХНОЛОГИИ ПАРОГРАВИТАЦИОННОГО
Боронин И.А., Самохин А.В. *440*
ПОСТРОЕНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СЛАБОСВЯЗАННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА SDRE
Даник Ю.Э., Дмитриев М.Г. *442*
УСТОЧИВОСТЬ ОДНОЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ОГРАНИЧЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ
Каменецкий В.А. *445*
СИНТЕЗ ПОДСИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ
Кокунько Ю.Г., Краснов Д.В. *447*
РЕЛЕЙНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ НА ПОДВИЖНОЙ ТЕЛЕЖКЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИЛЫ СУХОГО ТРЕНИЯ
Кочетков С.А. *450*
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ИНВАРИАНТЫ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА
Кушнер А.Г., Кушнер Е.Н., Самохин А.В. *453*
ДИНАМИКИ ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА-ХАКСЛИ
Кушнер А. Г., Матвийчук Р. И. *455*
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ТЕЧЕНИЯХ ГАЗА ДИТЕРИЧИ
Лычагин В.В., Роop М.Д. *456*
АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ.
Титов А.В. *459*
О МНОГОЗНАЧНЫХ РЕШЕНИЯХ УРАВНЕНИЙ ОДНОМЕРНОГО ТЕЧЕНИЯ ГАЗА
Туницкий Д.В. *462*
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА
Туровский Я. А., Авцинов И. А., Суровцев А. С. *463*
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-КУБОМ
Шевляков А.А. *466*

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНИВАЕМЫХ СИГНАЛОВ В НАБЛЮДАТЕЛЯХ СОСТОЯНИЯ И ВОЗМУЩЕНИЙ
Уткин В.А., Краснова С.А. *468*

СЕКЦИЯ 6: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ БАНКОВСКИХ И ФИНАНСОВЫХ СИСТЕМ 472

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ В ОДНОПЕРИОДНЫХ ФИНАНСОВЫХ СДЕЛКАХ С УЧЕТОМ ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК
Аль-Натор М.С., Аль-Натор С.В., Касимов Ю.Ф. *472*
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ
Баско Ф.Д. *475*
ВРЕМЯ - ДЕНЬГИ ИЛИ ВРЕМЯ КАК МИРОВАЯ ВАЛЮТА
Богомолов А.И., Невежин В.П. *478*
АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ АКЦИЙ РОССИЙСКИХ БАНКОВ
Баюк О.А., Берзин Д.В. *480*
АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДЯЩЕГО ЯДРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ МЕТОДОМ КОЛЛОКАЦИИ
Бывшев В.А. *482*
НАСТРОЙКА ПРОЦЕССА ОМНИКАНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЛИЕНТА С БАНКОМ НА ОСНОВЕ ДИЗАЙН-МЫШЛЕНИЯ
Васильева Е.В., Рылов А.А. *485*
РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ РЕЕСТРЫ, КАК ИНСТРУМЕНТЫ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФИНАНСОВЫХ СИСТЕМ
Варнавский А.В., Бурякова А.О. *489*
УПРАВЛЕНИЕ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ НА ТРАНСПОРТЕ
Гатауллин Т.М., Гатауллин С.Т. *493*
АЛГОРИТМЫ ТЕКУЩЕГО И АПОСТЕРИОРНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВНОГО ПОВЕДЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ
Гребенюк Е.А., Малинкина А.В. *496*
МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ
Гринева Н.В. *499*
ЭФФЕКТИВНОЕ ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНСТИТУТОВ
Гусева Н.М., Медведев Г.Б. *502*
ПОИСК МЕХАНИЗМА ТОРМОЖЕНИЯ ИНФЛЯЦИИ
Дадян Э.Г. *505*
СТРАТЕГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ В ВЫБОРЕ ПАЕВОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ФОНДА
Дадян Э.Г. *508*
ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ
Завгородний В.И., Золотарюк А.В. *511*
УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ РИСКАМИ
Иванюк В.А. *514*
ИДЕНТИФИКАЦИЯ КРИЗИСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА РЫНКЕ АКТИВОВ
Иванюк В.А. *516*
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ТРЕНДОВ ВРЕМЕННОГО РЯДА
Иванюк В.А. *519*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ДОЛГОСРОЧНОМ ПЕРИОДЕ ИНВЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ GARCH-EVT-COPULA
Жукова Г.С., Кагирова Д.Р. *521*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ: РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ IFEER
Кузьмин А.Ю. *524*
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКЕ, ОСНОВАННЫХ НА АЛГОРИТМАХ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ
Лапчинская М.П., Троицкий В.И., Троицкий А.В. *526*
АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА
Левченко К. Г. *527*
ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
Миткинов В.Е. *529*
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РОБОТЫ В УПРАВЛЕНИИ БАНКОВСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
Одинцов Б.Е., Берзин Д.В. *532*
ДИНАМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ОГРАНИЧЕНИЙ ИЗОПЕРИМЕТРИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА
Орёл Е.Н., Орёл О.Е. *534*
ОБ ОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ВОСТРЕБОВАННОСТИ ИПОТЕЧНЫХ ЖИЛИЩНЫХ КРЕДИТОВ В РЕГИОНАХ РФ
Промахина И.М. *537*
ПРИМЕНЕНИЕ КРАШ-ТЕСТОВ В ГРАФОВОЙ АНАЛИТИКЕ СЛОЖНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТЕЖЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ
Пыркина О.Е., Зададаев С.А. *539*
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РОЗНИЧНОГО КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПАРНЫХ КОПУЛ
Ратников А.А., Щетинин Е.Ю. *543*
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ
Романова Е.В. *546*
КЛАССЫ КРИТЕРИЕВ РИСКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНУЮ ГРАНИЦУ МНОЖЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ
Саркисов В.Г. *548*
ФИНАНСОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАНКА РОССИИ И ПОТЕНЦИАЛ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ
Смирнова О.В. *551*
МОНИТОРИНГ ВОВЛЕЧЕННОСТИ СТУДЕНТОВ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИДЕОПОТОКОВ ИЗ АУДИТОРИЙ
Соловьев В.И. *553*
РАЗРАБОТКА ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ТРЕНДОВ (НА ПРИМЕРЕ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ)
Сунчалин А. М., Сунчалина А. Л. *554*
БАНКОСТРАХОВАНИЕ В РАЗВИТИИ ФИНАНСОВОГО РЫНКА В РОССИИ
Чернявская Е.Ю. *557*
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ЕЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ
Щетинин Е.Ю., Рассахан Н.Д. *560*

СЕКЦИЯ 7: УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ, ИНФРАСТРУКТУРНЫМИ И ДРУГИМИ СИСТЕМАМИ 563

ВЫГОДНО ЛИ РОССИИ СОГЛАШЕНИЕ ОПЕК+? АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО РЫНКА НЕФТИ
Акинфиев В. К. *563*

СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
Андрюшин А.В., Щербатов И.А., Цуриков Г.Н., Титов Ф.М. *566*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГЭС С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ВЫДАЧЕ МОЩНОСТИ ПО СЕТЕВЫМ УСЛОВИЯМ
Александровский А.Ю., Волков Д.Н., Солдаткин А.Ю. *570*
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ В КОНТРОЛЬНЫХ СЕЧЕНИЯХ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ПГУ ПРИ РАБОТЕ ЕЕ В МОТОРНОМ РЕЖИМЕ
Аракелян Э.К., Пикина Г.А., Мезин С.В. , Андрюшин А.В. *571*
ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТИ АСУТП ЭНЕРГОБЛОКОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ПТК
Аракелян Э.К., Андрюшин А.В., Мезин С.В., Косой А.А. *574*
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ ПРОГРАММ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Бородин В.А., Андрюшин А.В., Проталинский О.М., Ханова А.А. *576*
ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЭФФЕКТОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И СТРАТЕГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ
Веселов Ф.В., Хоршев А.А., Соляник А.И. *579*
КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В НЕПРОЕКТНЫХ РЕЖИМАХ
Гашо Е.Г., Киселева А.И., Романов Г.А. *581*
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ
Гребенюк Г.Г., Лубков Н.В. *584*
МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ СЕТЕВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИНФРАСТРУКТУР ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
Гребенюк Г.Г., Никишов С.М., Середа Л.А., Рощин А.А. *587*
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОТРАСЛЯХ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ
Данилова О.В. *590*
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС РАСТВОРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ
Дадашев М.Н., Филенко Д.Г., Бабаев С.Н., Мурсалов Р.Р., Джафаров Р.Ф. *591*
АЛГОРИТМЫ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ
Крыгин А.А., Лубков Н.В. *593*
МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ПРОИСХОДЯЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Капустин Н.О., Яковлева Д.Д. *596*
НЕОБХОДИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Капустин Н.О. *599*
ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. *602*
АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ДВУХРАЙОННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРАЛЬНЫХ РАЗЛОЖЕНИЙ ФУНКЦИЙ ЛЯПУНОВА
Кутяков Е.Ю., Душин С.В., Искаков А.Б. *605*
СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ НЕФТЕДОБЫЧИ
Лукьянов А.С. *607*
РАЗМЕЩЕНИЕ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАДАННОГО МНОЖЕСТВА РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
Мухтаров А.А., Першин О.Ю. *610*
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РФ В СВЕТЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
Никонова А.А. *612*

ТИПОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
Пикина Г.А., Родоманова Ю.С. *616*
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИГНАЛЬНЫХ ГРАФОВ И ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАПЛАСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕННИКОВ
Пикина Г.А., Пащенко Ф.Ф. *619*
СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМООБРАЗУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЭС
Попова О.М. *622*
ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ
Панкрушина Т.Г., Хоршев А.А. *625*
ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОСВОЕНИЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
Скиба А.К., Скиба Н.К. *628*
ПОИСК ГРАДИЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ РАЙОНОВ С УЧЁТОМ СИСТЕМЫ ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
Смагличенко Т.А., Соколова Н.В., Смагличенко А.В., Генкин А.Л., Саянкина М.К. *630*
АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
Трусов В.А. *633*
ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ И ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБЪЕКТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Трусов А.В. *636*
МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ СКЛАДОВ
Хоботов Е.Н., Аверьянова Е.Е. *639*
КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЯДРА НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА
Хохлов А.С., Мишутин Д.Ю. , Бородин П.Е. *642*
КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ: ТЕКУЩАЯ ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
Шевелева Г.И. *645*

СЕКЦИЯ 8: УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ 649

КИТАЙ В ТРАНСПОРТНОМ СЕКТОРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: ИНТЕГРАЦИЯ ИЛИ ЭКСПАНСИЯ?
Аристова Л.Б., Семенова Н.К. *649*
АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ НА КРУПНОМАСШТАБНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ
Бабиков В.М., Заложнев А.Ю., Положишников В.Б. *651*
УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ТРАНСПОРТА ПЕРИФЕРИЙНОГО РЕГИОНА И МОБИЛЬНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ
Бардаль А.Б. *654*
ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ
Большедворская Л.Г., Рухлинский В.М. *657*
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАГОНОПОТОКОВ
Бородин А.Ф., Горбунов Г.Г. *660*

ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЕ УЗЛЫ - ОСНОВА МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК
Вакуленко С.П., Евреенова Н.Ю. *662*
ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ СИНТЕЗА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ ГОРОДСКИХ МАГИСТРАЛЕЙ
Валуев А.М., Соловьев А.А. *665*
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КАК ДРАЙВЕР БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ
Домнина О.Л., Цверов В.В., Лисин А.А., Чувилина О.В. *668*
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ HYPERLOOP
Дудников Е.Е. *671*
СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССА РЕАЛИЗАЦИИ МЕГАПРОЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ПРИРОДЫ (НА ПРИМЕРЕ ТКМ ЧЕРЕЗ БЕРИНГОВ ПРОЛИВ)
Есикова Т.Н., Вахрушева С.В., Шаталов Д.А. *674*
ТРАНСПОРТНАЯ ОТРАСЛЬ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПЛАНАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ
Зубков С.А., Евлаев А.Н. *677*
НОВЫЙ ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ: ПЛАНИРОВАНИЕ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
Исмаилов Ж.И., Кононов Д.А. *678*
ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ
Корсакова В.В., Чихирин О.В. *681*
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ЗАТОРОВ
Кушелева Е.В., Кушников В.А., Резчиков А.Ф. *683*
УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОЗНАЧНОЙ ЛОГИКИ
Максимов Д.Ю. *686*
ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕНДЕНЦИЯ: ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ
Орлов М.О. *689*
АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ
Пашков Н.Н., Шапкин И.Н. *691*
КРУИЗНОЕ МОРСКОЕ СУДОХОДСТВО МЕЖДУ РОССИЙСКИМИ ПОРТАМИ ЧЕРНОГО МОРЯ
Переверзев А.В. *694*
ТИПОВЫЕ МОДУЛИ ИМИТАЦИОННОГО РАСЧЕТА КРУПНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ
Петров А.С., Дмитриев Е.О., Николаев К.Ю. *696*
РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИИ С УЧЕТОМ КОНЪЮНКТУРЫ ТОВАРНЫХ РЫНКОВ
Подсорин В.А., Овсянникова Е.Н. *699*
ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ
Потехин А.И. *702*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАКЕТОВ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ
Савушкин С.А. *704*
К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ
Сакульева Т.Н. *707*
УГЛУБЛЕНИЕ ЕВРАЗИЙСКОЙ ГЕОПОЛИТИКИ КИТАЯ И ИНТЕРЕСЫ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ: ТРАНСПОРТНЫЙ АСПЕКТ
Семенова Н.К. *709*
РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПАКИСТАНА В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ
Серенко И.Н. *710*
ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ МНОГОПОЛОСНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ
Соловьев А.А., Валуев А.М. *712*

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА: МЕТОДОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ
Спирин И.В., Матанцева О.Ю., Гришаева Ю.М., Савосина М.И. *715*
ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Стрелец Д.Ю., Серебрянский С.А., Шкурин М.В. *717*
РАЗМЕЩЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ В УЗЛАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ
Сухов А.А. *720*
СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
Терёшина Н.П., Подсорин В.А., Жаков В.В. *722*
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАК ВАЖНЕЙШЕЙ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА АРКТИКИ
Фадеев А.М., Цукерман В.А. *724*
УПРАВЛЕНИЕ НАЗЕМНЫМ ТРАНСПОРТОМ С ПОМОЩЬЮ АВТОНОМНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
Хаблов Д.В. *727*
МЕХАНИЗМЫ ОБУЧЕНИЯ В ВАГОНОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Цыганов В.В. *730*
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ КОММУНИКАЦИЯМИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ
Цукерман В.А., Горячевская Е.С. *733*

СЕКЦИЯ 9: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ 736

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ
Амосов О.С., Амосова С.Г., Иочков И.О. *736*
МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД И МОДЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ СВЯЗИ
Ануфренко А.В., Гойденко В.А., Гончаренко В.И., Журавлева Н.Г. *739*
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА FABRIK
Гергет О.М., Колпащиков Д.Ю. *742*
УПРАВЛЕНИЕ ПРИ СБОРКЕ НА ОРБИТЕ БОЛЬШОЙ КОСМИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО РОБОТА
Глумов В.М., Ермилов А.С. *744*
ОБНАРУЖЕНИЕ ОТДЕЛЯЕМЫХ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Гончаренко В.И., Лебедев Г.Н., Михайлин Д.А. *747*
ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАКЕТНЫХ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ
Завадский В.К., Иванов В.П., Каблова Е.Б., Кленовая Л.Г. *750*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
Карпов А.Е., Клочков В.В. *753*
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПОЛЕТНОГО ПЛАНШЕТА
Мельничук А.В., Нестеров В.А., Судаков В.А., Сыпало К.И. *756*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАНОСПУТНИКА ТНС-0№2 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НИЗКОЛЕТЯЩИХ СПУТНИКОВ
Панкратов В.А., Литун С.И. *759*
ЭТАЛОННАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТРУКТУРЕ
Рыжко А.Л., Сварник П.Е. *762*
МЕХАНИЗМ МОНИТОРИНГА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ КАДРОВ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ ОПАСНОСТИ В АЭРОПОРТАХ
Рухлинский В.М., Большедворская Л.Г. *764*
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Семенов С.С., Полтавский А.В. *767*
К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ
Серебрянский С.А., Барабанов А.В. *770*
ПРЕИМУЩЕСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ПОЛЁТОМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКИПАЖЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
Шевченко А.М., Павлов Б.В., Начинкина Г.Н. *773*

СЕКЦИЯ 10: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ, ГОРОДСКИХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ СИСТЕМ 776

УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОТРАСЛЕЙ
Антонова Н.Е., Бардаль А.Б. *776*
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СУБСИДИЙ ПРЕДПРИЯТИЯМ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ
Бондаренко Ю.В., Азарнова Т.В., Каширина И.Л., Свиридова Т.А. *779*
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИКЕ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПЕРЕХОДА К ПРОЕКТНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕГАСИСТЕМОЙ
Виноградов А.Н. *782*
ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТНОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МАКРОРЕГИОНОВ РОССИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ
Гринчель Б.М., Дорофеева Л.В., Назарова Е.А. *785*
РЕГИОНАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА, КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Ефременко В.Ф., Пащенко Ф.Ф. *788*
ИНДИКАТОРЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНОВ
Жаров В.С. *791*
ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ СОЦИАЛЬНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРМОНИЧНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ
Зернов С.В. *794*
МЕТОД ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ОТРАСЛЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА В РАЗВИТИИ МОНОГОРОДОВ: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Краснова Т.Г., Поздняков А.К., Вильгельм А.С., Плотникова Т.Н. *797*
ВЛИЯНИЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ НАУКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ НАУЧНЫХ РЕСУРСОВ
Кульба В.В., Меденников В.И. *800*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ: МЕТОД КВАЗИ-РЕКУРРЕНТНЫХ ТОЧЕК НА ПЛОСКОСТИ ПУАНКАРЕ
Клепарский В.Г., Шейнис В.Е. *803*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ: ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ
Клепарский В.Г., Клепарская Е.В. *805*
УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ (РЕГИОНАЛЬНЫХ, ГОРОДСКИХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Косоруков О.А., Овсяник А.И., Данилина М.В., Сидоренко Г.Г., Родионов А.С., Романченко Л.Н., Сидоренко О.Г., Буслаев С.И. *808*
ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ И ДИРЕКТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
Кононов Д.А., Фуругян М.Г. *811*
ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СЦЕНАРНОМ ИССЛЕДОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Косяченко С.А., Грузман В.А., Богатырева Л.В. *813*
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА САМОДОСТАТОЧНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ
Малахов В.А., Дубынина Т.Г. *815*
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛАБОРАЦИЙ РОССИЙСКИХ ИНОВАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ
Тесля А.А., Марача В.Г. *818*
ВЕРОЯТНОСТНО-ЭНТРОПИЙНЫЕ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Тырсин А.Н., Антонов А.С. *821*
МЕНЕДЖМЕНТ ТЕРРИТОРИЙ: КАЧЕСТВО ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ
Ячменева В.М., Ячменев Е.Ф., Воробец Т.И. *824*

СЕКЦИЯ 11: УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ДРУГИМИ ОБЪЕКТАМИ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ 828

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА И НАДЕЖНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ
Бабиков В.М., Заложнев А.Ю. *828*
О ВЛИЯНИИ СИТУАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОТОКИ ЗАДАНИЙ НА АКТУАЛИЗАЦИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ БАЗ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АСУТП АЭС
Байбулатов А.А. *830*
ИНТЕРФЕЙСНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КАНАЛЫ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ В АСУ ТП АЭС
Бывайков М.Е. *833*
СОПРОВОЖДЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ
Валеев С.С., Кондратьева Н.В., Никитин А.П. *835*
СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЯХ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ
Волков А.Н., Копырин А.С., Кондратьева Н.В., Валеев С.С. *838*
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ КАУЗАЛЬНЫХ МНЕМОСХЕМ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ
Гучук В.В *841*
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ, ВАЖНЫХ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС
Жарко Е.Ф. *844*
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ТЯЖЁЛОГО КЛАССА, КАК ОБЪЕКТА ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ
Иванов А.И., Лазутина Н.А. *847*

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ SMS
Калашников А.О., Сакрутина Е.А. ... *850*
ИНСТРУМЕНТАРИЙ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЯМИ В ПРОЕКТАХ АЭС
Королев А.С., Кубарская А.А. ... *853*
ВАЛИДАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПО СОЗДАНИЮ МОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
Королев А.С., Бурлаков А.И. ... *855*
ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ АТОМНОЙ СТАНЦИИ
Промыслов В.Г., Жарко Е.Ф., Семенков К.В. ... *858*
КОНЦЕПЦИЯ МОНИТОРИНГА ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС НА ОСНОВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
Сакрутина Е.А. ... *861*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В АРХИТЕКТУРЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ НА ГРАФАХ И ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ "TAKE-GRANT"
Шумов А.С. ... *864*

СЕКЦИЯ 12: ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ПРОИЗВОДСТВАМИ ... 867

ВЛИЯНИЕ САМОНАГРЕВА ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ
Анохин А.М. ... *867*
БЕЗОПАСНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ЗАПРОСОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИНТАКСИСА КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СООБЩЕНИЙ (CMS)
Асратян Р.Э. ... *870*
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПАНЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ R
Бабешко Л.О. ... *873*
РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ТЕЛЕИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ ЭНЕРГЕТИКИ, ТЕПЛО- И ВОДОСНАБЖЕНИЯ
Беленев С.А., Волошин Е.В., Кузнецов Р.С. ... *875*
ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ
Бурлов В.Г., Грачев М.И. ... *878*
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РУЛЕВОГО ПРИВОДА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ
Вересников Г.С., Скрябин А.В. ... *882*
ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СМЕШАННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
Вересников Г.С., Панкова Л.А., Пронина В.А., Огородников О.В., Башкиров И.Г. ... *885*
СТРУКТУРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ
Вигура А.Н., Горбатовский В.В., Ломакина Л.С. ... *887*
КРУПНОМАСШТАБНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА
Выхованец В.С. ... *890*
РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА ВВОДА ДАННЫХ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА
Волчков Д.В. ... *893*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ СВЯЗЕЙ ПО ОЦЕНКАМ НАБЛЮДАЕМЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
Гусев В.Б. ... *896*

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРИМЕНИМОСТИ УПРЕЖДАЮЩЕЙ КРИТЕРИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ
Гучук В.В *899*
РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ОНЛАЙН-КУРСА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕННОСТИ
Запорожко В.В., Шардаков В.М., Парфёнов Д.И. *902*
ОБ УНИВЕРСАЛЬНОМ АЛГОРИТМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ
Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А. *905*
УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ МАЛООБСЛУЖИВАЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Захаров Н.А., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С. *908*
СИНХРОННО-ВРЕМЕННОЙ ПРОТОКОЛ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА
Захаров Н.А., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С. *911*
АЛГОРИТМ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ПОЛЕТА ГРУППЫ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА ПОСАДКИ
Кулида Е.Л., Егоров Н.А., Лебедев В.Г. *914*
АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ В УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНО-СВЯЗАННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА
Курако Е.А., Орлов В.Л. *916*
БОРТОВАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ
Кулида Е.Л. *919*
АЛГОРИТМЫ ЭКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
Мандель А.С. *922*
РАЗМЕЩЕНИЕ РЕПЛИК МАССИВОВ ДАННЫХ В НЕНАДЕЖНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ, ОПТИМАЛЬНОЕ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ВРЕМЕНИ ДОСТУПА К ДАННЫМ
Микрин Е.А., Сомов С.К. *924*
РАСШИРЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ USB АТАК
Мамченко М.В., Сабанов А.Г. *926*
МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ БЕЗОПАСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
Михалевич И.Ф. *929*
РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ “УМНЫЙ Г**О**РОД” КАК ЧАСТЬ НОВОГО ЭФФЕКТИВНОГО ГОРОДСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
Морозова С.С., Мальцева Д.А. *932*
COORDINATED PRODUCTION AND MAINTENANCE SCHEDULING FOR AN INDUSTRIAL ENTERPRISE
Nekrasov Ivan *934*
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ РОССИИ
Новиков С.В. *936*
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СОПРОВОЖДЕНИЕМ СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ
Орлов В.Л., Курако Е.А. *938*
МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭКЗОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
Парыгин Д.С. *941*
ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ БОЛЬШОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМОДРОМОМ УРОВНЯ SMARTCITY С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
Разумов Д.А. *944*

ОНТОЛОГИЗАЦИЯ КАК СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СИСТЕМАМИ
Салтыков С.А., Русяева Е.Ю. *947*
ЗАДАЧА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОЦЕССЕ СВАРКИ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ
Фоминых Д.С., Кушников В.А., Резчиков А.Ф. *949*
МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ
Хоботов Е.Н., Евгенев Г.Б. *953*
НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ОБЪЕКТОВ
Хайруллин Р.З. *955*
СТРАТЕГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА
Чадеев В.М., Аристова Н.И. *958*
ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БЕСКОНТАКТНОГО СКАНИРОВАНИЯ
Черников Б.В., Гайдук И.О., Борисова Е.А. *961*
ПОИСК СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Черников Б.В., Кремер Е.А., Борисова Е.А. *965*

СЕКЦИЯ 13: МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДЫ И ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАБОТКИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БОЛЬШИХ МАССИВОВ ИНФОРМАЦИИ..... 968

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АНОМАЛИЙ СЕТЕВОГО ТРАФИКА В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ
Амосов О.С., Амосова С.Г., Иванов Ю.С., Жиганов С.В. *968*
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
Болодурина И.П., Парфёнов Д.И. *971*
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НЕДР МАРСА В РАЙОНЕ ОБЛАСТИ ПОСАДКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА МИССИИ INSIGHT
Батов А.В., Гудкова Т.В. *973*
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМОЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ
Бром А.Е., Гантимуров А.П., Буслов А.П. *975*
ПРОЕКТ СИСТЕМЫ РАННЕГО РЕАГИРОВАНИЯ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ
Демин С.С. *977*
МАНИПУЛИРУЕМОСТЬ СХЕМ АГРЕГИРОВАНИЯ В МОДЕЛИ ДАУНСА
Карабекян Д.С., Иванов А.А., Якуба В.И. *979*
ПРОЕКТОРНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ АСИМПТОТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ОДНОГО КЛАССА СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ В КРИТИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ
Курина Г.А., Хоай Н.Т. *981*
УПРАВЛЕНИЕ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ МУЛЬТИКОПТЕРА В ДВИЖУЩИЙСЯ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОНТЕЙНЕР В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ВНЕШНИХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ
Легович Ю.С., Русаков К.Д., Диане С.А.К. *984*
ПОСТРОЕНИЕ АССОЦИАТИВНОГО РЯДА ХЕШТЕГОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТИ СОВМЕСТНОЙ ВСТРЕЧАЕМОСТИ И ВЕКТОРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХЕШТЕГОВ
Макрушин С.В., Блохин Н.В. *987*

ПАТТЕРНЫ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КООРДИНАТ
Мячин А.Л. *990*
КОРРЕКТИРОВКА СПЕЦИФИКАЦИИ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ НАЛИЧИИ МУЛЬТИКОЛЛИНЕАРНОСТИ ИСХОДНЫХ РЕГРЕССОРОВ
Орлова И.В. *993*
ЗАЩИТА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОБЪЕКТОВ
Полтавцева М.А., Калинин М.О. *996*
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВИДЕОКОНТРОЛЬ СОТРУДНИКОВ И ПОКУПАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СПРОСА
Розалиев В.Л., Орлова Ю.А., Ульев А.Д. *999*
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВЫРУЧКИ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ КРУПНОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА.
Полунин Ю.А. *1002*
МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИМУЩЕСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Савина О.В., Садовникова Н.П......*1004*
ПРИНЦИП СОДЕРЖАТЕЛЬНО-ФОРМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СИСТЕМАМИ
Салтыков С.А., Русяева Е.Ю......*1007*
ОБНАРУЖЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ДУБЛИКАТОВ ТЕКСТОВ В БОЛЬШИХ МАССИВАХ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СИГНАТУР СОДЕРЖАНИЯ
Шарапова Е.В., Шарапов Р.В......*1009*

СЕКЦИЯ 14: МОНИТОРИНГ В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ...1012

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫЕ СИСТЕМЫ НА ПЛАСТИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СО ВСТРОЕННОЙ ПАМЯТЬЮ
Алюшин А.В., Архангельский В.Г., Алюшин С.А......*1012*
ПЛАСТИЧНЫЕ ФРАКТАЛЬНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ НА ОСНОВЕ МЕМРИСТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
Алюшин А.В., Архангельский В.Г., Алюшин С.А......*1015*
МОНИТОРИНГ ТРЕНДА ЦЕНЫ НА НЕФТЬ
Антипов В.И......*1018*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КРУПНОМАСШТАБНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
Баканов А.С., Ташев Т.Д., Баканова Н.Б. *1021*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ПРОЦЕССАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СЕРВИСОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
Баканова Н.Б......*1023*
ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ
Богомолов А.И., Невежин В.П., Никитаев В.Г., Броничев А.Н......*1025*
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ
Витенбург Е.А., Никишова А.В., Оладько В.С., Умницын М.Ю., Омельченко Т.А., Садовникова Н.П. *1028*
МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕДР РАЗРАБАТЫВАЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ
Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Владова А.Ю......*1030*
ИНТЕГРАЦИЯ CAD/CAM И ERP-СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМ МЕБЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ
Городецкая О.Ю., Заложнев А.Ю......*1033*
МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНОЙ СЕТИ
Калашников А.О., Аникина Е.В......*1035*

МЕТОД СТРАТЕГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТРАСЛЕВЫХ СИСТЕМ
Краснова Т.Г., Поздняков А.К., Вильгельм А.С., Плотникова Т.Н. *1038*
ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА НА РЕТРОСПЕКТИВНОМ ПРИМЕРЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
Лобанов И.А., Гудов Г.Н., Рожнов А.В., Масюков М.В. *1040*
УПРАВЛЯЕМЫЕ КОГЕРЕНТНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПРОЦЕССАХ МОНИТОРИНГА ЖИДКИХ СРЕД
Маклаков В.В. *1043*
О ПРИМЕНЕНИИ КОНСТРУКЦИИ СВЯЗКИ ГРУПП ПОДСТАНОВОК ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КИБЕРУСТОЙЧИВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
Максимовский А.Ю. *1046*
МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЯХ
Максимов Ю.В., Максимов Д.Ю., Легович Ю.С. *1048*
СЕТЕВЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И КОНСАЛТИНГА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ: ОТ ИННОВАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ К ЭКОСИСТЕМАМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПЛАТФОРМАМ
Марача В.Г. *1050*
АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ В РЕГИОНАЛЬНОМ И ГОСУДАРСТВЕННОМ МАСШТАБАХ
Мойланен Е. В., Павлов Б.В., Каршаков Е.В., Волковицкий А.К., Гаракоев А.М. *1052*
ФРАКТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ НОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ
Насонов А.Н., Кульнев В.В., Цветков И.В. *1055*
ВЫБОР ВАРИАНТОВ ОДНОРОДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ БОЛЬШОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Павловский И.С. *1056*
МОНИТОРИНГ В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Пименов Н.А., Терновсков В.Б., Григорьев С.М., Данилина М.В., Овсяник А.И., Резер А.В., Воронцова Ю.В., Аракелян А.М. *1060*
ПРОБЛЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ СОБЫТИЙ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМАХ
Резчиков А.Ф., Богомолов А.С. *1063*
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВЕННОЙ ЦЕЛЕВОЙ РАССОГЛАСОВАННОСТИ
Рожнов А.В. *1066*
МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА
Романова М.А., Трефилов П.М., Шевченко А.В., Исхаков А.Ю., Мамченко М.В., Ищук И.Н., Долгов А.А. *1069*
СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СБРОСАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ-ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ВОДНЫЙ БАССЕЙН
Соколов В.В., Дружинин Ю.О. *1071*
КОНЦЕПЦИЯ ФРАКТАЛЬНОГО НЕЙРОДИНАМИЧЕСКОГО РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ GISCIENCE
Степановская И.А. *1074*
СРАВНЕНИЕ ДВУХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЗЛА КРУПНОМАСШТАБНОЙ СЕТИ
Ташев Т.Д., Баканов А.С. *1078*
ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ
Фатеева Ю.Г., Легович Ю.С., Ефремов А.Ю., Гончаренко В.И. *1080*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МОНИТОРИНГА СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ
Чинакал В.О. *1083*
ОБНАРУЖЕНИЕ СКРЫТЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ И МОДЕЛИРОВАНИЯ
Чинакал В.О. *1086*
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КОРПОРАТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ
Широкий А.А., Натаров А.М. *1087*

СЕКЦИЯ 15: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ 1090

ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
Анохин А.М. *1090*
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ ВРАЧА: МЕДИКОЦЕНТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
Аракелова И.В., Качалов Д.Л., Соболева С.Ю., Соболев А.В. *1093*
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА РАЗВИТИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
Герцик Ю.Г. *1096*
ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РАМКАХ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
Герцик Ю.Г. *1099*
ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛА ЛУЧЕВОЙ АРТЕРИИ ДЛЯ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
Гучук В.В. *1102*
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ
Иванова Г.Е., Герцик Ю.Г, Омельченко И.Н. *1105*
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ЛЕЧЕНИЯ ОРТОДОНТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
Качалов Д.Л., Петухова Н.В., Фархадов М.П. *1107*
КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ВЫРАБОТКЕ МЕДИЦИНСКОГО ДИАГНОЗА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОДГОТОВЛЕННЫХ АНАЛИЗОВ
Корноушенко Е. К. *1111*
ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ВВЕДЕНИЯ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ВИРУСНОЙ ВАКЦИНЫ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Кузина Е. А., Бабушкина Н.А. *1113*
ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ КАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНЫМ СТАЦИОНАРОМ
Мандель А.С., Дорофеюк Ю.А., Максаков В.В., Шифрин М.А. *1116*
АНАЛИЗ ДАННЫХ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ГЛИКЕМИИ
Михальский А.И., Новосельцева Ж.А. *1119*
ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
Никитаев В.Г., Проничев А.Н., Сельчук В.Ю., Нагорнов О.В., Дмитриева В.В., Поляков Е.В., Махутов Н.А., Богомолов А.И. *1122*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КЛАССИФИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОФИЛЯ ЭКСПРЕССИИ МРНК ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРАКТИКЕ ДИАГНОСТИКИ ПЛОСКОКЛЕТОЧНЫХ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЙ
Попова Г.М., Степанов В.Н., Мельникова Н.В., Антонова И.Б., Захаренко М.В., Боженко В.К. *1125*
ВЫЯВЛЕНИЕ ОБЩИХ ПАТТЕРНОВ ВЗГЛЯДА ПРИ ПОМОЩИ РАЗРАБОТАННОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПУТИ ВЗГЛЯДА ЧЕЛОВЕКА
Розалиев В. Л., Орлова Ю. А., Поликарпова А. И. *1128*
МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МИКРОБИОМА ЧЕЛОВЕКА
Симонова А.В., Пчелякова В.В., Степанов В.С. *1131*
ОТСЛЕЖИВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Себякин А.С., Золотарюк А.В. *1134*
ПРОРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ НАКОПИТЕЛЬНЫХ СЧЕТОВ
Соколов Е.В., Костырин Е.В. *1137*
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ
Соколов Е.В., Костырин Е.В. *1140*
EMOTIONALLY DEPENDENT OCULOGRAPHIC AND BRAIN-COMPUTER INTERFACES BASED ON ADDITIONAL CHANNEL OF HUMAN-COMPUTER COMMUNICATION
Turovskii Ya.A., Borzunov S.V., Vakhtin A.A. *1144*
ИДЕИ КИБЕРНЕТИКИ В УПРАВЛЕНИИ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКОЙ
Тимме Е.А. *1145*
ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗАВИСИМЫЕ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ И ОКУЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИНТЕРФЕЙСЫ НА ОСНОВЕ ДОПОЛНИТЕЛНЬОГО КАНАЛА СВЯЗИ ЧЕЛОВЕК-КОМПЬЮТЕР
Туровский Я.А., Борзунов С.В., Вахтин А.А. *1149*
МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИЕЙ
Чернышенко С.В. *1150*
НОВЫЕ АСПЕКТЫ В ТРАКТОВКЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИИ ГОМПЕРТЦА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫЖИВАЕМОСТИ И РАЗВЕДЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ
Черепанов Г.Г. *1153*
ОЦЕНИВАНИЕ АНОМАЛИЙ БАЛАНСА ВИРТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ
Ядыкин И.Б., Катаев Д.Е., Галяев И.А. *1156*

СЕКЦИЯ 16: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ 1159

МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ПРОГРАММЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ
Аверина Т.А., Баркалов С.А., Смольянова О.Л. *1159*
ЭКСПЕРТНЫЙ АЛГОРИТМ ПОДБОРА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ БЕЗРАБОТНЫХ
Азарнова Т.В., Аснина Н.Г., Бондаренко Ю.В., Каширина И.Л., Ухлова В.В. *1161*
ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ
Апатова Н.В., Остапенко И.Н., Усенко Р.С. *1164*
ЛАТЕНТНЫЕ ФАКТОРЫ УЧАСТИЯ В ПРОТЕСТЕ: БАЗОВАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ
Ахременко А.С., Петров А.П., Юрескул Е.А. *1167*
УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ОТКЛИКА ЭЛИТЫ НА НАПРЯЖЕННОСТЬ ОБЩЕСТВА
Басаева Е.К.,Каменецкий Е.С., Хосаева З.Х. *1170*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ
Бойченко О.В., Гапонов А.И., Смирнова О.Ю. *1172*
ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ К САМООРГАНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МИКРОУРОВНЯ
Бойченко О.В., Апатова Н.В., Черногорова К.А. *1175*
МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОМПЛЕКТОВАНИИ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА
Болодурина И.П., Дусакаева С.Т. *1178*
МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТОВ
Бурков В.Н., Буркова И.В., Даулбаева З.М., Ходунов А.М. *1181*
ВСЕГДА ЛИ БЕЗОПАСНО КОАЛИЦИОННОЕ МАНИПУЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОМ ГОЛОСОВАНИЯ?
Веселова Ю.А. *1182*
О ПОДХОДАХ К ВЫЯВЛЕНИЮ КАНАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ОНЛАЙНОВЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ
Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г. *1184*
О ВЛИЯНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА
Гилязова А.А. *1187*
ДЕКОМПОЗИЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СОБЫТИЯ ЧЕРЕЗ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЛН
Градосельская Г.В., Волгин А.Д. *1189*
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЛН В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ
Градосельская Г.В., Щеглова Т.Е. *1193*
О МОДЕЛИ ПОЛЯРИЗАЦИИ МНЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ
Губанов Д. А., Петров И. В. *1197*
ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ В БАЗОВЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Губернаторов А.М., Александрова И.А. *1200*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЁЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Дадашев М.Н., Апполонов И.В., Филенко Д.Г. *1201*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИГРАЦИОННЫХ КРИЗИСОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ И СОЦИАЛЬНОЕ НЕРАВЕНСТВО
ДмитриевМ.Г., Михайлов А.П., Петров А.П., ПрончеваО.Г. *1202*
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ НАСЕЛЕНИЯ
Дорохина Е.Ю., Смирнова Е.И. *1204*
УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЦИОННЫМИ И ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
Жевнерчук Д.В. *1207*
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАТТЕРНОВ АКТИВНОСТИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ MIMO-АГЕНТОВ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЯХ
Жилякова Л.Ю., Петров И.В. *1210*
О РАЗВИТИИ РОССИЙСКОЙ ВЕНЧУРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В КОНТЕКСТЕ КИБЕРНЕТИКИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА
Журенков Д.А., Савельев А.М., Трушкова Е.А. *1213*
ПРЕДМЕТНАЯ СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СУЩНОСТИ РЕАЛЬНОСТИ В ДИАЛЕКТИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ. ЗАДАЧА КОНСТРУИРОВАНИЯ
Закарян М.Р., Закарян Р.М. *1216*
О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫМ И ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
Збрищак С.Г. *1219*
УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Иванова С.П., Николаева А.А., Данилина М.В., Дмитриева Г.С., Федотова М.А., Коновалова О.В., Литвинов А.Н., Акопян А.Р. *1222*

ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСУРСНО-ДОБЫВАЮЩЕГО РЕГИОНА
Исаева Н.А. *1225*
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МНЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ
Козицин И.В., Марченко А.М., Гойко В.Л., Палкин Р.В. *1228*
ПРУДЕНЦИАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРАВООТНОШЕНИЙ КАК МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИНАЛОГОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ
Колосов Б.В. *1230*
МОДЕЛЬ LOG-ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ С ОБОСТРЕНИЕМ НА БИРЖЕ
Кривошеев О.И. *1233*
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ПРОГНОЗЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ДЗЗ
Кульба В.В., Меденников В.И., Бутрова Е.В. *1237*
ТРАЕКТОРИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ: ГЛОБАЛЬНЫЙ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ КОНТЕКСТЫ
Курочкин А.В. *1240*
КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНОЙ ПОЛИТИКОЙ РЕГИОНА (НА МЕТАРИАЛАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)
Леденёва М.В., Шамрай-Курбатова Л.В. *1243*
СИСТЕМА ОНТОЛОГИЙ САМОРАЗВИВАЮЩИХСЯ ПОЛИСУБЪЕКТНЫХ СРЕД ГИБРИДНОЙ РЕАЛЬНОСТИ
Лепский В.Е. *1246*
КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА
Макаров В.В., Фролов Е.Б., Паршина И.С., Ушакова М.В. *1249*
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА В ПСИХОМЕТРИИ
Михайлова О.Р. *1252*
СЕТЕВЫЕ ФОРМЫ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ
Морева Е.Л. *1254*
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
Муравых А.И., Муравых О.А. *1257*
КЕЙСЫ СИММЕТРИИ В ЭКОНОМИКЕ И ОБЩЕСТВЕ
Рассказов С.В., Рассказова А.Н., Королева Е.В. *1260*
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ СТРАН-ЛИДЕРОВ
Савельев А.М., Журенков Д.А. *1262*
ОСОБЕННОСТИ МЕДИЙНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ
Славин Б.Б., Славин А.Б. *1265*
ПАРТИСИПАТОРНАЯ УПРАВЛЯЕМОСТЬ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ
Сморгунов Л.В. *1267*
ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ТУРИЗМА ВО ФРАНЦИИ
Трегуб И.В., Маргри Ш. *1270*
НЕИНВАРИАНТНОСТЬ КОНСЕНСУСА В МОДЕЛИ ФРЕНЧА-ДЕ ГРООТА, КОГДА МНЕНИЯ АГЕНТОВ ЯВЛЯЮТСЯ ВЕРОЯТНОСТНЫМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМИ, А ИТОГОВОЕ МНЕНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ДОЛЖНО БЫТЬ ВЫРАЖЕНО ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ ЧИСЛОМ
Федянин Д.Н. *1273*
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ИЗМЕРЕНИЮ УРОВНЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ
Чхартишвили А.Г., Козицин И.В., Гойко В.Л., Сайфулин Э.Р. *1276*
НАСКОЛЬКО ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫМ МОГ БЫТЬ ЕВРОПЕЙСКИЙ ПАРЛАМЕНТ?
Чурбанов В.И. *1278*
УПРАВЛЯЕМОЕ ЕСТЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЯ ГЕОТРИОНОВ РОССИИ И МИРА ПОСРЕДСТВОМ КАСКАДА СИНЕРГИЙ И КОРРЕКТИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ ЛЮДЕЙ
Чудин А. А. *1281*

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ БОЕВЫМИ И ВОЕННЫМИ ДЕЙСТВИЯМИ
Шумов В.В. *1284*
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЛОКОВЫХ СТРУКТУР
Щеглова Т. Е. *1287*
МЕНЕДЖМЕНТ ТЕРРИТОРИЙ: РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Ячменева В.М., Ячменев Е.Ф., Фокина Н.А. *1292*

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ФАКТОРА РЫНОЧНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

Цвиркун А.Д.[1], Акинфиев В. К.[1], Коротеев М.В.[1, 2]

[1] *Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,*
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65,
[2] *Финансовый университет при правительстве Росиийской Федерации,*
г. Москва, Ленинградский пр., д. 49
tsvirkun@ipu.ru, akinf.valery@yandex.ru, mvkoroteev@fa.ru

Аннотация: В работе рассматриваются задачи развития крупномасштабных производственно-транспортных систем (ПТС). Предложена математическая постановка задачи оптимизации развития ПТС с учетом фактора рыночного ценообразования. Обсуждаются методы ее решения и области практического применения рассматриваемого подхода.

Ключевые слова: производственно-транспортные системы, математическая модель, рыночное ценообразование.

Введение

Крупномасштабные производственно-транспортные системы (ПТС) включают совокупность элементов (производственных и транспортных), взаимосвязанных между собой [1]. На рис. 1 показаны основные элементы таких систем на примере электроэнергетических систем и систем газоснабжения. В первом случае производственные элементы представляют собой объединенные энергетические системы (ОЭС), включающие совокупность действующих, строящихся и проектируемых электростанций и сети потребителей электроэнергии, транспортными элементами являются магистральные линии электропередач (ЛЭП). Во втором случае рассматриваются элементы двух типов: газодобывающие районы, включающие совокупность разрабатываемых газовых месторождений, и потребители газа (крупные города, регионы), а связывающая их сеть газопроводов (единая газоснабжающая сеть страны (ЕГС)) является совокупностью транспортных элементов системы.

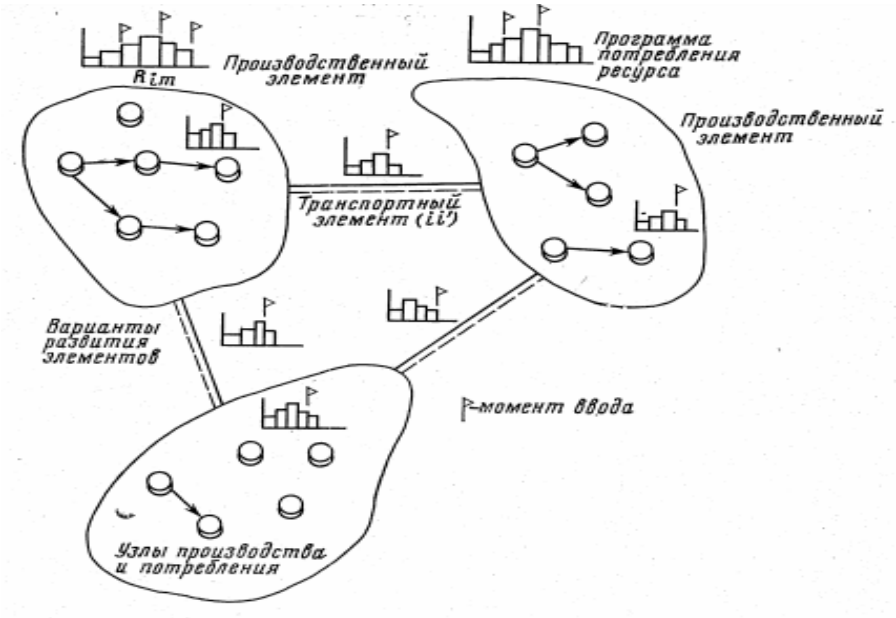


Рис. 1

Для элементов системы может быть задано множество вариантов развития элементов и динамика потребления продукта в узлах системы. Задача оптимизации долгосрочных программ развития крупномасштабных ПТС состоит в выборе оптимальных вариантов развития производственных и транспортных элементов системы (распределение инвестиций, определение очередности создания

новых предприятий и транспортных элементов), определении моментов ввода мощностей с учетом динамики изменения потребления продукта в элементах системы, возможностей строительных организаций, ограничений на технологию строительства. Кроме того, требуется определить транспортные потоки в системе и их изменение во времени.

Для решения перечисленных задач в [1, 2] предложен подход к построению комплекса инвестиционных моделей, включающая модель развития производственных элементов, модель развития элементов транспортной сети с учетом связывающих ограничений, учитывающих взаимное влияние развития различных вариантов производственных и транспортных элементов. [2].

Предложенный способ формализации предусматривает построение динамической модели одно продуктовой производственно-транспортной системы, которая включает непрерывные и целочисленные переменные [1, 2]. Особенность рассматриваемого класса задач состоит в том, что при моделировании необходимо учитывать динамику инвестиций для каждого отдельного элемента, так как время создания элемента может быть достаточно велико. Поэтому в рассматриваемых моделях существенное внимание уделялось выбору способа формализации процесса развития элементов системы и зависимости динамики изменения производства продукции от времени, прошедшего с момента начала строительства.

Задача состояла в поиске оптимального плана ввода мощностей и графика строительства производственных и транспортных элементов системы, который позволял бы удовлетворить заданную (Госпланом) потребность в производстве продукции в узлах ПТС с минимальными издержками с учетом ресурсных, технологических и иных ограничений на строительство.

В предложенном подходе производственные элементы (предприятия) не рассматривались как самостоятельные хозяйствующие субъекты, которые максимизируют свою целевую функцию (прибыль, NPV) в условиях конкуренции и рыночного ценообразования. Поэтому в современных условиях развития экономики России эти подходы должны быть дополнены моделями, которые учитывают рыночные факторы функционирования крупномасштабных ПТС. В докладе мы рассмотрим методы формализации и решения этой задачи в новых условиях.

1 Постановка задачи пространственного развития ПТС с учетом фактора рыночного ценообразования

Рассмотрим ПТС, которая включает несколько локальных рынков потребления ($j = \overline{1, J}$), географически разделенных между собой, и *N* независимых компаний ($i = \overline{1, N}$), производящих продукцию и поставляющих ее на рынки. В задаче необходимо учитывать пространственную структуру рынков, то есть регионы спроса и предложения географически могут быть разделены, а участники рынка несут транспортные расходы, зависящие от расстояния и способа доставки продукции.

Мы рассматриваем задачу в динамической постановке. Прогнозный горизонт равен *T* периодам, $t = \overline{1, T}$. Пусть $D_j(t)$ – рыночный спрос на продукцию на рынке j, $P_j(t)$ – рыночная цена в период *t*, $S_j(t)$ - суммарное предложение (объем поставок продукции) со стороны компаний-производителей на рынок j.

Рыночная цена продукции $P_j(t)$ на каждом локальном рынке описывается обратной функцией спроса $P_j(t) = a_j(t) - b_j(t) \cdot S_j(t)$. Где $a_j(t)$ и $b_j(t)$ являются функциями, описывающими особенности каждого рынка и изменение его емкости во времени. В данной модели предполагается, что спрос на продукцию со стороны потребителей $D_j(t)$ зависит от ее рыночной цены, которая определяется предложением продукции со стороны компаний-производителей $S_j(t)$.

Искомые переменные: $x_{ij}(t)$ – объем поставок (производство) продукции компанией *i* на рынок *j*. Тогда суммарный объем поставок на рынок $S_j(t) = \sum_{i=1}(x_{ij}(t) + x_{-ij}(t))$, где $x_{-ij}(t)$ - суммарный объем поставок другими компаниями.

Производственные и транспортные издержки компании $C_i(t)$ зависят от общего объем производства продукции и объема ее поставки на рынки и равны $C_i(t) = \sum_{j=1}^{J} x_{ij}(t) \cdot c_{ij}(t) + c_i(t) \cdot \sum_{j=1}^{J} x_{ij}(t)$, где $c_i(t)$ - удельные производственные издержки, а $c_{ij}(t)$ - удельные транспортные издержки.

Заметим, что в формуле рыночной цены $P_j(t) = a_j(t) - b_j(t) \cdot S_j(t)$ функция $a_j(t)$ задает изменение потенциальной емкости рынка во времени, а $b_j(t)$ задает показатель эластичности цены по отношению к общему предложению продукции на рынке. Для простоты в дальнейшем будем рассматривать рынки, у которых $a_j(t)$ является линейной функцией времени с коэффициентом λ_j, а $b_j(t)$ является константой, $a_j(0)$ равна начальной емкости рынка. Тогда $P_j(t) = (a_j(0) + \lambda_j \cdot t) - b_j \cdot S_j(t)$.

Максимальный объем производства и поставок продукции компании *i* ограничены технологической мощностью производства предприятий, входящих в компанию. Для увеличения производства и поставок продукции и покрытия растущей емкости рынков компаниям необходимо инвестировать в развитие своих производственных мощностей в соответствии с некоторой инвестиционной стратегией, которая является также искомой переменной задачи.

Инвестиционная стратегия: $y_i(t)$ – прирост производственной мощности компании *i* в период t, связанный с инвестициями в расширение производства. Тогда: $I_i(t) = k_i \cdot y_i(t + \tau_i)$ - объем инвестиций в период *t*, необходимый для увеличения мощности производства, где τ_i – временной лаг между периодом инвестирования и периодом прироста мощности производства.

Каждая компания стремиться максимизировать свой суммарный чистый денежный поток за прогнозный период $t = \overline{1,T}$, который равен чистой прибыли, полученной за этот период, за вычетом средств, направленных на инвестиции. Задача выбора искомых переменных стратегического поведения компании *i* сводится к поиску решения следующей задачи оптимизации:

(1) $$\max_{x_i(t), y_i(t)} \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{J} ((a_j(t) - b_j \cdot (x_{ij}(t) + x_{-ij}(t))) \cdot x_{ij}(t) - c_{ij}(t)) \cdot x_{ij}(t)) - c_i(t) \cdot \sum_{j=1}^{J} x_{ij}(t) - k_i \cdot y_i(t + \tau_i)$$

(2) $$\sum_{j=1}^{J} x_{ij}(t) \le C_i(0) + \sum_{t=1}^{t} y_i(t) \quad \forall t$$

(3) $$y_i(t) \le y_i^{\max}(t) \quad \forall t$$

(4) $$x_{ij}(t) \ge 0,\ y_i(t) \ge 0 \quad \forall t \text{ и j}$$

Где $C_i(0)$ - мощность производства на начало прогнозного периода. Неравенство (2) задает технологическое ограничение на объем поставки (производства) продукции, а неравенство (3) - на прирост мощности производства. Здесь $y_i^{\max}(t)$ - максимально технологически возможный прирост мощности производства в период t.

Особенность задачи (1)-(4) состоит в том, что целевая функция (1) для компании *i* зависит не только выбора «своих» переменных, но и от независимого выбора искомых переменных другими компаниями-конкурентами.

2 Обсуждение методов решения и практического применения

Совместное решение задач (1)-(4) для всех компаний сводится к игре, в которой выбор искомых переменных должен удовлетворять некоторым условиям равновесия. Для поиска рыночного равновесия используется концепция равновесия Нэша. Решение называется равновесным, если ни одна из компаний не может увеличить выигрыш (1), изменив свое решение в одностороннем порядке, не вызвав при этом реакцию других игроков. Проблема поиск равновесных точек Нэша в такой постановке сводится к совместному решению совокупности нелинейных задач оптимизации (1)-(4) которая относиться к классу задач математического программирования с равновесными ограничениями (MPEC)) [3].

В частности, задача (1)-(4) для каждого агента i представляет собой квадратичную задачу оптимизации. Вместо прямого использования целевой функции (1) в данном случае используется метод сведения задачи к смешенной задаче дополнительности (MCP), которая состоит из условий первого порядка для максимизации суммарного денежного потока каждой компании [3-5]. Любое решение указанной выше задачи оптимизации должно удовлетворять условиям Каруша-Куна-Таккера (ККТ), записанным для каждой переменной. В искомой точке равновесия Нэша все условия ККТ должны выполняться одновременно. Существование и единственность решения гарантируется благодаря выпуклости целевых функций и ограничений. Чтобы решить задачу (1)-(4) необходимо объединить все выписанные условия ККТ в одной задаче MCP. Ее численное решение может быть

получено, например, с использованием пакета PATH Solver, входящего в систему моделирования GAMS [6].

В рассмотренной игре компании-игроки одновременно принимают решение об уровне своих инвестиций и уровне производства (статическая игра Курно). Можно рассматривать игры более сложной структуры, например, тогда игроки сначала определяют уровень своих инвестиций, а затем, основываясь на наблюдаемых уровнях инвестиций, принимают решение об уровне своего производства (двухэтапная игра).

Более сложная игра моделирует рынок, который характеризуется асимметрией, то есть компании-конкуренты обладают не одинаковой рыночной властью (лидеры и последователи). При этом решения об инвестициях и поставках принимаются последовательно: в первом этапе лидеры выбирают инвестиции в развитие своих мощностей, на втором этапе уже обладая этой информацией, инвестиционные решения принимают остальные компании и на третьем этапе компании выбирают уровни производства и поставок (игра Штакельберга). Данная задача может быть сформулирована как задача равновесия с равновесными ограничениями (EPEC). Методы ее решения реализуется с использованием подхода диагонализации и сведения ее к решению серии задач математического программирования с равновесными ограничениями (MPEC) [3-6].

Рассмотренный подход находит практическое применение при анализе и оптимизации развития большого количества крупномасштабных ПТС, в том числе для решения задач расширения генерирующих мощностей на либерализованных рынка электроэнергии, развития производственных мощностей и оптимизации инвестиционных стратегий компаний на пространственных рынках метало продукции, энергетических ресурсов, включая глобальный нефтяной рынок [4-8].

3 Подходы к нейроэволюционному имитационному моделированию макроэкономических систем

Глобальная экономическая рецессия, последовавшая за мировым экономическим кризисом 2008 г. показала важность банковского и финансового сектора в развитии крупномасштабных систем, но и обнажила несовершенство экономико-теоретических моделей, не предсказавших возможность наступления такого кризиса и необходимые меры его преодоления [9]. Исследователи часто критикуют чрезмерную упрощенность стандартных моделей, не учитывающие гетерогенность рынков и юрисдикций, предположение о наличии устойчивого равновесного состояния и предпосылки рациональности действующих экономических агентов.

В связи с этим назрел вопрос о разработке методического подхода к моделированию крупномасштабных экономических систем, обладающих возможностью объяснять поведение экономических систем во время кризисных периодов. В последние годы возрос интерес к агентному и имитационному моделированию систем, в которых экономика представлена как динамическая система взаимодействующих гетерогенных агентов с ограниченной рациональностью.

Гипотеза рационального агента приводит к тому, что модель имеет ограничение, заключающаяся в равных ожидаемых реакциях агентов при равенстве информации, которой они располагают. Опыт анализа финансовых рынков последних десятилетий[1] говорит о том что ожидания агентов не являются рациональными и равными. Агенты последовательно используют информацию неэффективно и формируют систему убеждений. Разница в убеждениях агентов приводит к наблюдаемой ситуации на финансовых рынках включая появление пузырей и обвалов рынка.

Всё перечисленное заставляет искать модели, учитывающие такие факторы как: асимметрия информации, стратегичность взаимодействий, формирование ожиданий на основе ограниченной информации, взаимное обучение, социальные нормы, трансакционные издержки, экстерналии, хищнические стратегии, кооперацию и возможность неудачной координации действий.

При применении агентных моделей встаёт вопрос о том чем заменить главный руководящий принцип принятия решений. Если говорим о классической модели, то есть принцип рациональности агента, который используется для принятия решений. В случае если отказываемся от него, проблема определения правил поведения агентов становится более сложной. Существуют два подхода к решению этой проблемы. Первый заключается в создании агентов на основе правил доступных из результатов исследований в области принятия решений.

Поведение человека в таком смысле аналогично процессу машинного обучения искусственной нейронной сети. Человек распознает шаблоны чтобы выстроить внутренний набор гипотез или

[1] *Thaler, R. (2000), 'From homo economicus to homo sapiens', The Journal of Economic Perspectives, 14(1): 133-141.*

модель внешнего мира. Обратная связь от него может усилить либо ослабить веру в принятые гипотезы [10].

Обучение агента происходит в процессе принятия решения, которое базируется на одной наиболее вероятной модели. Остальные модели могут получать положительное или отрицательное подкрепление, однако не влияют на процесс принятия решений.

Широко распространен подход, при котором инструментарий машинного обучения используется для построения адаптивных агентов. В таком случае имитационная среда предоставляет обратную связь каждому агенту виды набора переменных, которые используются для онлайн обучения внутренней модели агента. В свою очередь имитационное среда использует алгоритмы машинного обучения для поддержания внутренней модели агентов.

Два подхода к интегрированию механизмов машинного обучения основаны на использовании обучения с учителем либо обучения с подкреплением. В первом случае существует знание о том какое действие повлекло ту или иную реакцию, тогда как во втором случае это связь может быть менее явной.

Наиболее перспективные математические методологии и инструментальные средства, применимые к построению систем эволюционного имитационного моделирования на базе гетерогенной системы интеллектуальных агентов, вытекает из изменившихся требований к системе: гетерогенность, то есть индивидуальность поведения агентов; интеллектуальность, то есть способность агента исходить из собственной модели окружающей реальности, а не из заданного заранее набора правил; как следствие, наличие у агента памяти; взаимное обучение исходя из прошлого опыта взаимодействия агентов; наличие эволюционных механизмов усложнения и адаптации структуры агентов и модели в целом.

Эти требования подводят к применению систем машинного обучения в качестве решающего алгоритма внутренней модели агента. Как конкретный алгоритм, искусственные нейронные сети могут обеспечить как необходимую адаптивную гибкость (путем включения рекуррентных связей, ячеек с памятью), так и возможность работы в режиме частичного обучения и обучения с подкреплением и необходимую вычислительную оптимизацию, необходимую с учетом экспоненциального роста сложности подобных моделей [12].

Общая постановка задачи с учетом вышеперечисленных методологических установок может выглядеть следующим образом.

$$I = \langle \vec{M}, \vec{A}, \vec{T} \rangle; M = \{m_i(\theta)\} m_i : T \to A;\ A = \{a_i, i = 1..N\}; T = \{0;1\}^M$$

где M - модели внешнего мира, A – набор элементарных действий агента, T – внутреннее состояние агента (источник энтропии). Таким образом, индивидуальный агент имеет потенциально неограниченный набор моделей мира. Причем, каждая модель может быть реализована в виде искусственной нейронной сети, обучение которой происходит путем взаимодействия

Действие агента на каждом шаге модели выражается следующим правилом:

$Y = m_{argmax\,p(m_i)}(T)$, где p(m) – функция релевантности модели. Другими словами, агент всегда действует исходя из той модели мира, которую считает наиболее релевантной исходя из прошлой истории действий. Однако, при реализации действий и взаимодействии нейрона с внешней средой мы получаем обратную связь:

$$B = \sum_i J(\Theta, y_i)$$

Причем, эта обратная связь используется для обучения всех моделей данного агента, а также для обновления информации о функции релеватности моделей:

$$p'^{(m_i)} \leftarrow \alpha p(m_i) + \beta corr(m_i(\theta), \vec{B})$$

При использовании таких схем агент может переключаться на другую модель поведения, если сочтет ее более адекватной истории. Также, так как у каждого агент имеется индивидуальная история взаимодействия с внешней средой, то в процессе обучения внутренних моделей, агенты расходятся как в своем внешнем поведении, так и в представлении внутренних моделей.

При таком подходе мы можем говорить о проблеме нахождения универсальной методики построения метода генерации набора моделей. Именно для решения данного подхода мы предлагаем использовать нейроэволюционные методы, а именно, методы поиска топологий, наподобие описанного в [14].

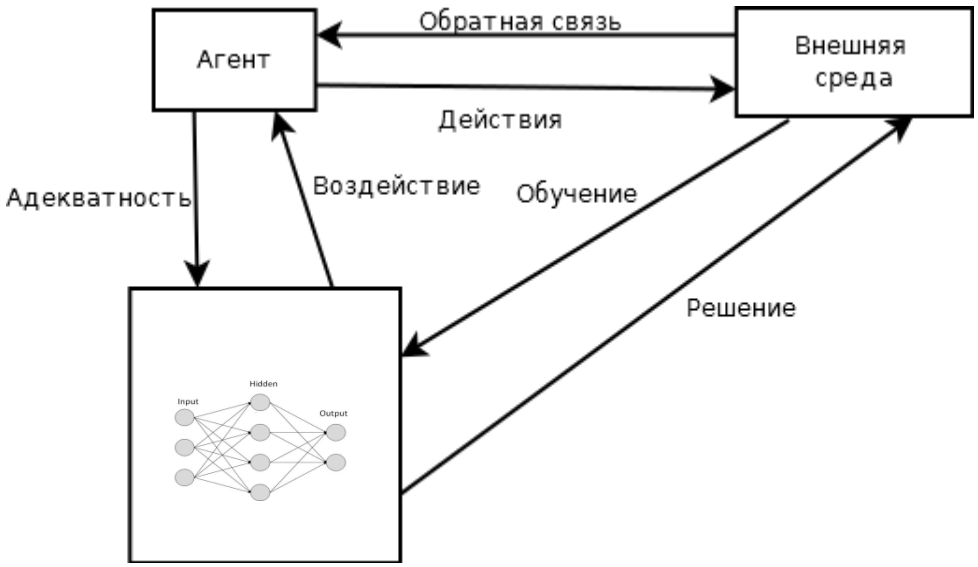


Рис. 2.

На рис.2 показана концептуальная схема предлагаемого нами подхода с изображением основных действующих объектов. Агент реализует одно из множества возможных для него действий, в ответ на что внешняя среда меняет свое внутреннее состояние. Это состояние может интерпретироваться агентом как положительное или отрицательное поощрение в зависимости от вида функции J. Эта функция также может быть индивидуальной для каждого агента и может использовать часть нейронной сети действующей модели агента. Эта информация используется для обучения агента в соответствии с методами обучения нейронных сетей, которые выбираются сообразно текущей задаче.

Современное состояние инструментальных средств в области агентного моделирования может дать в руки исследователю широкий спектр методов интеграции агентно-ориентированных моделей с методами искусственного интеллекта. Существует достаточное количество фреймворков имитационного и агентного моделирования, из числа которых мы можем выделить программный комплекс MESA [15], позволяющий встраивать агентно-ориентированные модели в программы на языке Python. Мы обращаем наше внимание на этот язык из-за его преимущественной поддержки библиотек машинного обучения, включая tensorflow, keras и scikit-learn[12].

В процессе концептуального проектирования нами был разработан каркас приложения для написания программных инструментальных средств с использованием описанного выше подхода.

На рис. 3 изображена диаграмма классов, включающая основные объекты, реализующие вышеописанную схему взаимодействия. Для использования данной архитектуры необходимо определить математические абстракты, описанные выше в формализации модели, что является специфической процедурой для каждой конкретной предметной области.

Заключение

Применение описанного выше механизма математической формализации задачи моделирования крупномасштабных систем лишен недостатков, присущих классическому подходу. Вместе с этим, встает ряд проблем методического характера:

1. Реализация прозрачного и гибкого механизма интеграции алгоритмов машинного обучения модели и алгоритмов агентно-ориентированного имитационного моделирования.
2. Реализация механизма нейроэволюции с учетом частичного сохранения обучения при изменении архитектуры нейронной сети, то есть решение более сложной и комплексной задачи, нежели задача поиска архитектуры сети.
3. Поиск способа интеграции слабоформализованного общего руководящего принципа агентов, будь то требования рациональности, искусственного отбора или согласованности показателей модели с эмпирическими данными.
4. Интерпретируемость результатов моделирования в целом и поведения каждого индивидуального агента в частности.

Назревшая необходимость в создании методологии имитационного макроэкономического моделирования имеет ряд преимуществ:

1. Получения более точных моделей.

2. Моделирования крупных гетерогенных систем в состояниях, далеких от равновесных, например, предсказывать поведение экономики в период глубокого кризиса.

3. Возможность строить сценарные модели и тестировать адекватность экономических теорий и результативность регуляторных воздействий.

Вместе с этим, такие модели не лишены и потенциальных недостатков:

1. Более высокую степень сложности таких моделей. Это выражается в сложности построения, и в вычислительной сложности расчета таких моделей.

2. Склонность к переобучению и потери адекватности модели.

3. Проблему интерпретируемости моделей [13].

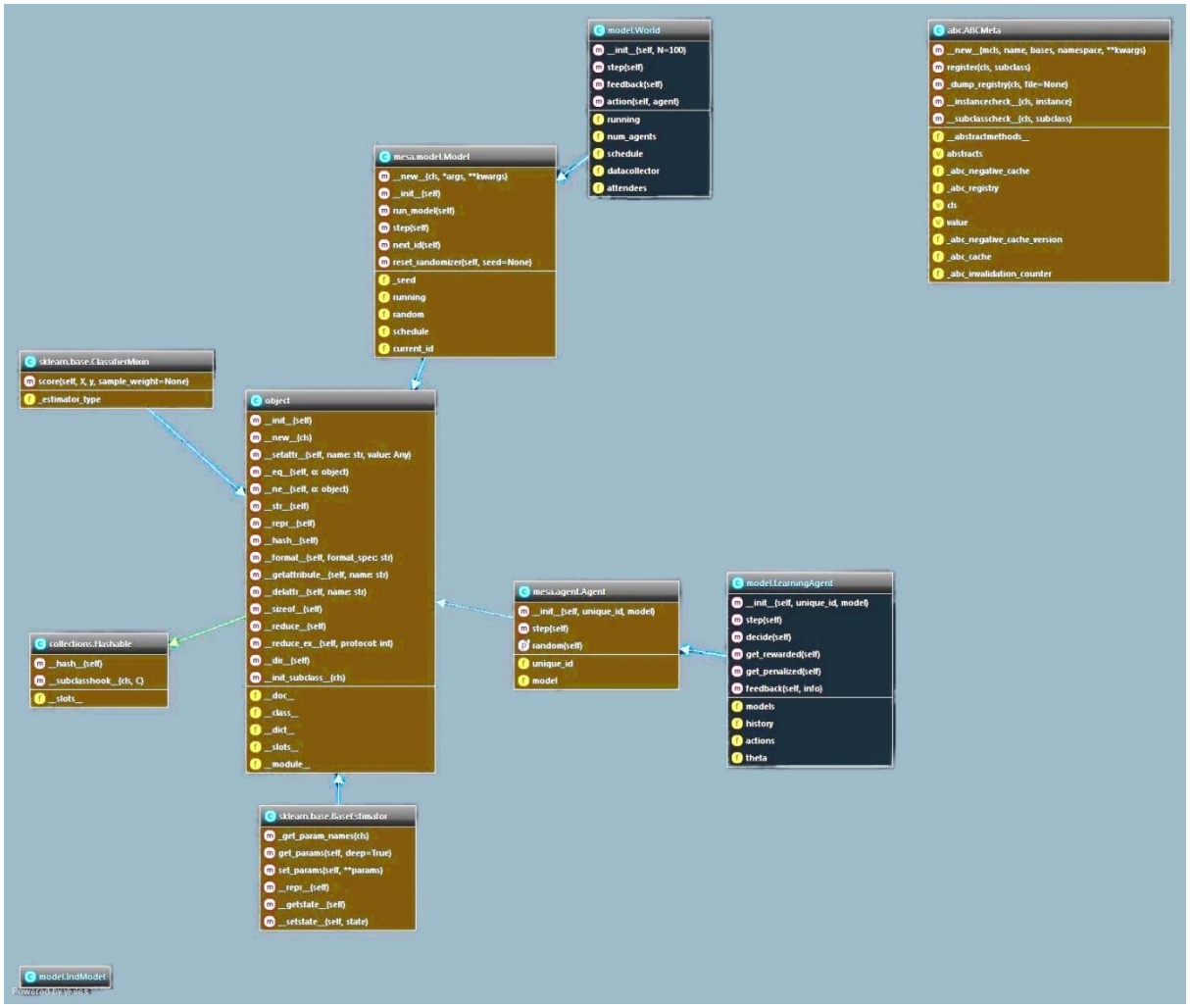


Рис. 3.

Литература

1 .*В. К. Акинфиев, А. В. Карибский, А. Д. Цвиркун*, “Инвестиционные модели планирования развития крупномасштабных систем”, Автомат. и телемех., 1980, № 3, 123–134

2. *Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Соловьев М.М.* Моделирование развития крупномасштабных систем. - М.: Экономика, 1983.

3. *Luo Z.Q., Pang J. S., Ralph D.*, Mathematical Programs with Equilibrium Constraints. Cambridge University Press, 1996.

4. *Gabriel S. A., Conejo, A. J., Fuller, J. D., Hobbs, B. F., Ruiz, C.* Complementarity Modeling in Energy Markets // International Series in Operations Research & Management Science. New York, USA: Springer, 2012. P. 630

5. *Lorenczika ST., Malischek R., Trüby J.* Modeling Strategic Investment Decisions in Spatial Markets // EWI Working Paper. 2014. No 14. P. 20.

6. *Ferris M., Munson T. S.* Complementarity Problems in GAMS and the PATH Solver // Journal of Economic Dynamics and Control. 2000. V. 24, Issue 2. P. 165–188.

7. *Акинфиев В. К.* Моделирование инвестиционных стратегий компаний в условиях неопределенности // Управление большими системами. 2016. Вып. 61. С.136 – 167.

8. *Акинфиев В. К.* Модель конкуренции между нефтедобывающими компаниями с традиционным и нетрадиционным способом добычи // УБС 2017. Вып. 67. С. 52 – 80.
9. *Mauro Napoletano, Jean-Luc Gaffard, Zakaria Babutsidze*. Agent Based Models: A New Tool for Economic and Policy Analisys. 2012. hal-01070338
10. Brian Arthur. Inductive Reasoning and Bounded Rationality. The American Economic Review, Vol. 84, No. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Sixth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1994), pp. 406-411.
11. *Sander van der Hooga*. Deep Learning in (and of) Agent-Based Models: A Prospectus. June 21, 2017
12. *Koroteev M*. Hierarchical classification compared to one-vs-all classifier on one problem of multiclassification in socio-economic modeling and application of hierarchical classifiers. Proceedings of 2018 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development", MLSD 2018, 28 November 2018, Номер статьи 8551784
13. *Коротеев М.В.* Обзор некоторых современных тенденций в технологии машинного обучения, E-Management, vol. 1, No 1, pp. 26–35. DOI: 10.26425/2658-3445
14. *Stanley K.O., Miikkulainen R*. Evolving neural networks through augmenting topologies // Evol. . Comput. MIT Press, 2002. Т. 10, № 2. С. 99–127.
15. *Grimm, Volker, Eloy Revilla, Uta Berger, Florian Jeltsch, Wolf M. Mooij, Steven F. Railsback, Hans-Hermann Thulke, Jacob Weiner,* Thorsten Wiegand, and Donald L. DeAngelis. 2005. “Pattern-Oriented Modeling of Agent Based Complex Systems: Lessons from Ecology.” American Association for the Advancement of Science 310 (5750): 987–91. doi:10.1126/science.1116681.
16. Comput. MIT Press, 2002. Т. 10, № 2. С. 99–127.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СИСТЕМНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Филиппов С.П., Дильман М.Д.

Институт энергетических исследований РАН, Россия, г. Москва, ул. Нагорная, д.31, к.2
fil@eriras.ru, inei1985@mail.ru

Аннотация: Крупномасштабное внедрение в электроэнергетические системы солнечных и ветровых электростанций приводит к серьезным негативным последствиям. Во многом это вызвано стохастическим характером электрогенерации таких станций. Оценены негативные эффекты от внедрения солнечных и ветровых электростанций в энергосистему Юга России.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, системные эффекты, стохастическая электрогенерация, солнечные электростанции, ветровые электростанции, тепловые электростанции, парогазовые установки, маневренность

Введение

Наблюдается стремительное увеличение объемов использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире. За последние десять лет электрическая мощность солнечных электростанций увеличилась более чем 40 раз и превысила 400 ГВт. Выработка электроэнергии ими достигла 500 ТВт·ч/год. Установленная мощность ветровых электростанций (ВЭС) за этот период возросла в 6 раз и превысила 500 ГВт, а выработка электроэнергии ими перевалила за 1000 ТВт·ч/год.

Огромные затраченные средства в развитие возобновляемой энергетики стимулировали технический прогресс в данной области и обеспечили создание крупномасштабных производств соответствующего оборудования. В совокупности они позволили сформировать устойчивые тренды на снижение стоимости электрогенерирующих установок на базе ВИЭ и повышение их экономической конкурентоспособности с традиционными технологиями. По сути, данные тренды стали отражением известных эффектов «обучения технологий» и «масштабов производства» («тиража»).

В России объемы применения солнечных и ветровых электростанций пока достаточно скромные. Их суммарная доля в установленной мощности электростанций страны составляет около 0,3%, а в выработке электроэнергии – 0,1%. Ожидается, что благодаря государственной поддержке эта доля будет постепенной увеличиваться.

Как показал мировой опыт, увеличение масштабов развития солнечной и ветровой энергетики отрицательно сказывается на функционировании электроэнергетических систем. Это приводит к появлению в системах негативных последствий (так называемых «системных эффектов»). Величины их зависят от структуры генерирующих мощностей по типам оборудования и доли ВИЭ в системе. Особенно драматично эти эффекты проявляются в системах с большой долей мощных электростанций (атомных, тепловых, гидравлических). Именно такие системы имеются в России.

Поэтому необходимо заблаговременно исследовать проблему появления негативных «системных эффектов» при использовании ВИЭ применительно к энергетике России. Также нужно определить меры по их нивелированию, включая разработку соответствующих технологий.

1 Системные эффекты крупномасштабного развития возобновляемой энергетики

Системные эффекты возникают в энергетике в результате крупномасштабных воздействий на нее. Они отличаются большим разнообразием и часто имеют негативный характер. Обычно их сложно идентифицировать. Они с трудом поддаются количественной оценке. В общем случае системные эффекты по величине могут быть сопоставимы с прямыми эффектами от применения новых технологий.

Системные эффекты от внедрения новых технологий во многом определяются характеристиками последних. В частности, особенностью солнечных (на фотоэлементах) и ветровых электростанций является их сильная погодная зависимость. Она ответственна за стохастический характер производства ими электроэнергии, а также за такое явление, как гипергенерация. При определенных погодных условиях (высокая солнечная инсоляция при сильном ветре) солнечные и ветряные электростанции в совокупности могут производить избыточное количество электроэнергии. Это может создавать большие проблемы другим участникам рынка электроэнергии и электросетевым компаниям. Применительно к традиционным электростанциям такие проблемы обычно отсутствуют.

Негативные последствия крупномасштабного внедрения ВИЭ в электроэнергетические системы, прежде всего, связаны с существенными изменениями режимов работы таких систем. Особенно это касается использования электростанций на основе ВИЭ со стохастической электрогенерацией (солнечных и ветровых электростанций), которая накладывается на стохастические графики электрических нагрузок. В результате происходит усложнение режимов работы электроэнергетической системы. В числе наиболее важных системных эффектов можно отметить следующие:

- изменение структуры суточных графиков выдачи электрической мощности электростанциями различных типов, сокращение в них базовой части вследствие большой суточной неравномерности электрогенерации ВИЭ;
- изменение структуры годовых графиков электрогенерации по типам электростанций из-за существенных сезонных различий в работе электростанций на ВИЭ;
- «разрывание» графиков работы традиционных электростанций вследствие наложения стохастической электрогенерации ВЭИ на стохастическое электропотребление;

Структурные изменения в покрытии графика электрических нагрузок электростанциями различного типа приводят к снижению эффективности использования топлива в системе, росту выбросов вредных веществ в окружающую среду на единицу вырабатываемой ими энергии, снижению надежности поставок электроэнергии потребителям. Снижение загрузки традиционных электростанций становится одной из основных причин роста себестоимости производства электроэнергии. «Рваные» режимы работы оборудования электростанций и частые его остановы ведут к быстрой выработке его технического ресурса, снижению надежности, росту аварийности. Снижается качество производимой электроэнергии. Растут затраты на ремонты оборудования.

Возрастают требования к маневренности оборудования традиционных электростанций. Растут потребности в специализированном маневренном электрогенерирующем оборудовании, способном адекватно реагировать на сверхбыстрые набросы/сбросы больших объемов мощности солнечных и ветряных электростанций. Все более востребованными становятся аккумуляторы электроэнергии больший мощности и емкости.

Все это негативно сказывается на экономической эффективности работы традиционных электростанций и снижает их конкурентоспособность по сравнению с электрогенерацией на базе ВИЭ. Возникает парадоксальная ситуация: конкурентоспособность электростанций на ВЭИ растет не только за счет их технического и экономического совершенствования, но и за счет вызываемого ими ухудшения эксплуатационных показателей традиционных электростанций.

Увеличение доли стохастической электрогенерации на базе ВИЭ в электробалансе создает серьезные проблемы в электрических сетях. Из-за пиковых набросов мощности электрогенерирующими установками на ВИЭ при хороших погодных условиях наблюдается перегрузка линий электропередачи, нередкими становятся их отключения системой автоматического управления и защиты, растут потери электроэнергии в сетях. Поэтому часто требуется модернизация сетевой инфраструктуры и ее дополнительное развитие. Требуется новое электротехническое

оборудование, расширяющее возможности быстрых управляемых изменений топологии электрических сетей.

Мировым лидером по установленной мощности ветровых электростанций на душу населения является Дания. Общая мощность наземных и морских ВЭС в стране составляет 5,3 ГВт. В 2017 году ветроэнергетика обеспечила 43,6% потребности Дании в электроэнергии (4,7 ТВт·ч) [1]. К 2020 году доля выработки должна вырасти до 50%. При этом следует иметь в виду, что Дания интегрирована в объединенную энергосистему "Nordic Grid" с соседними Норвегией, Швецией и Германией и имеет возможность экспортировать избыточную электроэнергию в эти страны. Тем не менее, тарифы на электроэнергию являются очень высокими - порядка 30 евроцентов за кВт·ч. Существенное влияние на тариф в сторону повышения оказывает низкая загрузка мощностей традиционных электростанций Дании (около 25-31%), сложившаяся вследствие гипертрофированного развития возобновляемой энергетики.

Показательной является критическая ситуация в энергосистеме Чехии, имевшая место зимой 2014-2015 года. Тогда северная часть Европы оказалась в зоне штормовых ветров, продолжавшихся несколько дней. В этот период производство электроэнергии ветровыми электростанциями Германии превышало 30 ГВт и образовался ее избыток. В результате энергосистема Чехии, имеющая сильные связи с энергосистемой Германии, неоднократно подвергалась незапланированным транзитным перетокам нескольких гигаватт электроэнергии. Это повлекло цепь неблагоприятных событий вплоть до вынужденного останова энергоблоков атомных электростанций и угрозы невыполнения критерия безопасности функционирования системы электропередачи [2].

В 2013 году Калифорнийский независимый системный оператор (CAISO) опубликовал диаграмму, показывающую возможность гипергенерации при массовом внедрении солнечных (фотоэлектрических) станций [3]. Она показывала возможные изменения нагрузки традиционных электростанций в суточном разрезе при активном внедрении солнечных электростанций в Калифорнии на перспективу до 2020 года. Высказанные опасения подтвердились уже в 2016 году [4]. Для традиционной электрогенерации в Калифорнии увеличилась суточная неравномерность загрузки, сократилась базовая зона (с 18 ГВт в 2013 г. до 12 ГВт в 2016 г.), возросли потребности в быстром наборе мощности (до 13 ГВт за 3 ч). В связи с этим утяжелились режимы функционирования традиционных электростанций, снизилась величина годовой загрузки их мощности, увеличилась себестоимость производства электроэнергии. Новые проекты традиционной электрогенерации априори оказываются в экономически невыгодном положении.

Конечно, имеются возможности решения проблемы гипергенерации. Технически возможно снижение мощности ветровых и солнечных электростанций (изменение угла наклона лопастей, отключение фотоэлектрических модулей и др.). Но это приведет к недовыработке электроэнергии и, следовательно, к упущенной выгоде для владельцев таких электростанций. Другие возможности связаны с полезным использованием избыточной электроэнергии. Это может быть производство водорода или тепловой энергии, зарядка электрических аккумуляторов и др. Однако все они потребует больших инвестиций и из-за стохастического характера гипергенерации вряд ли будут экономически привлекательными. Возможна организация перетоков избыточной электроэнергии в другие системы, что сейчас и происходит. Но для этого нужно иметь значительные объемы свободных пропускных способностей электрических сетей. Загружаться они будут редко, и содержание их будет обходиться дорого. Затраты будут перекладываться на потребителей. Наконец, избыточная электроэнергия может просто утилизироваться посредством балластной нагрузки. Это самый простой и дешевый способ. Но это прямые потери выработанной электроэнергии.

2 Системные эффекты при использовании ВИЭ в электроэнергетике России

Системные эффекты от внедрения электростанций на ВИЭ в электроэнергетику страны были оценены на примере объединенной электроэнергетической системы Юга. В настоящее время в энергосистеме Юга доминируют традиционные электростанции. Доли тепловых, гидравлических и атомных электростанций в структуре суммарной установленной мощности энергосистемы Юга составляют примерно 57%, 27% и 14% соответственно. Оставшиеся 2% приходятся на небольшие электростанции различных типов, в том числе на базе ВИЭ. Вклад солнечных и ветровых электростанций в суммарное годовое производство электроэнергии не превышает 0,2%.

Исследовано влияние электростанций на базе ВИЭ со стохастической энергоотдачей (солнечных и ветровых электростанций) на режимы работы энергосистемы. Исследования выполнены путем численного моделирования. На график выдачи среднечасовой электрической мощности энергосистемы Юга накладывались графики выдачи среднечасовой мощности солнечных и ветровых электростанций. Был рассмотрен широкий диапазон доли этих электростанций в общей выработке

электроэнергии в энергосистеме. График выдачи среднечасовой электрической мощности энергосистемы Юга был построен по данным ОАО "СО ЕЭС" за 2017 год. Моделирование работы солнечных и ветровых электростанций выполнено на базе фактических данных за 2013-2016 годы по производству электроэнергии фотоэлектрическими электростанциями Франции и наземными ветровыми электростанциями Дании, Франции и Чехии, которые были опубликованы системными операторами этих стран.

На рис. 1 показана динамика среднечасовой мощности электростанций в энергосистеме Юга в 2017 году. Влияние электростанций на ВИЭ практически отсутствует. На рисунке показано производство электроэнергии имеющейся в энергосистеме атомной электростанцией. Регулирование ее производительности ограничено требованиями безопасности. Также показана выработка электроэнергии электростанциями в теплофикационном режиме, которая определяется потребностями региона в тепловой энергии (на отопление, горячее водоснабжение и технологические нужды).

На рис. 2 показана потребность в мощности традиционных электростанций (тепловых, атомных и гидравлических) для условий, когда доля солнечных и ветровых электростанций в годовой выработке электроэнергии составит 25%.

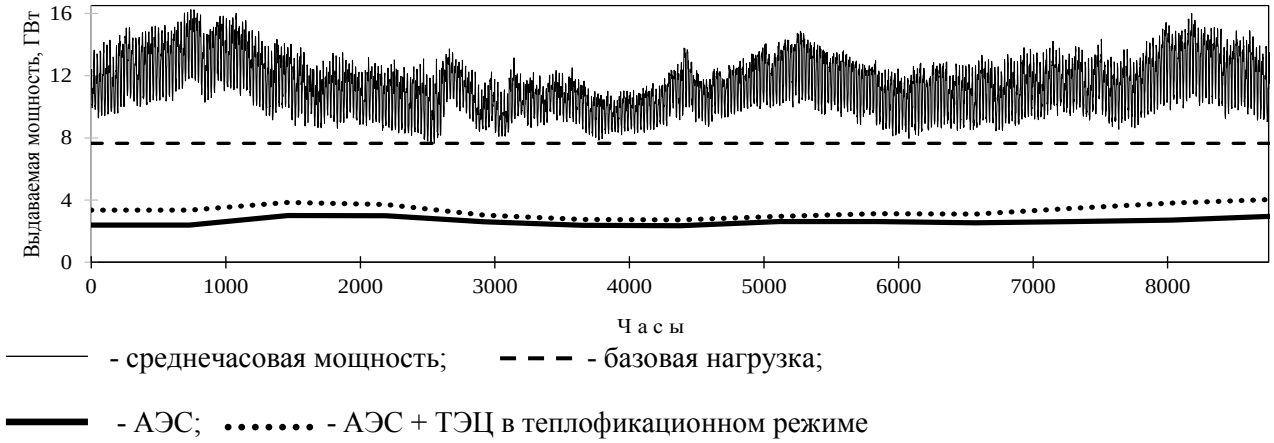


Рис. 1. Среднечасовая мощность электростанций *энергосистемы Юга в 2017 г.*

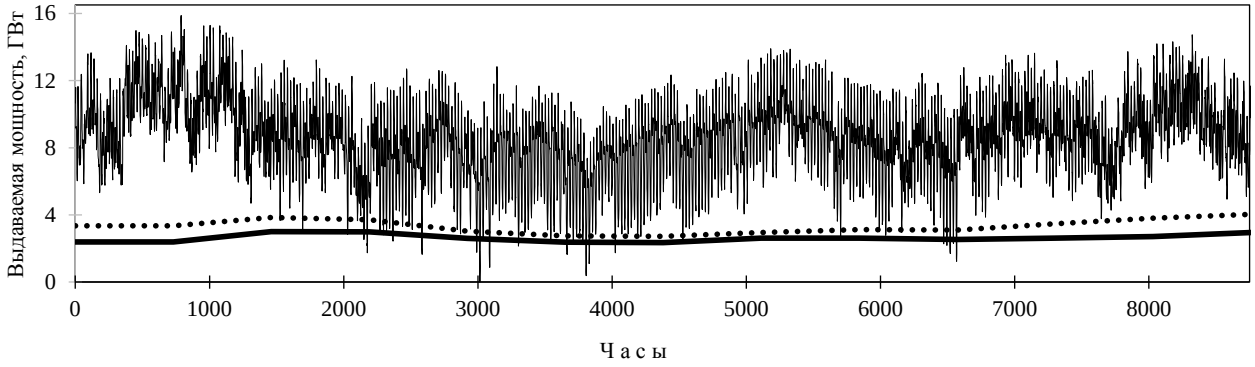


Рис. 2. Потребность в мощности традиционных электростанций в энергосистеме Юга при доле ВИЭ в выработке электроэнергии равной 25% (Обозначения - см. рис. 1)

Как отмечалось выше, одной из ключевых проблем, создающих внедрением электростанций на ВИЭ в энергосистему, является снижение базовой части графика электрических нагрузок. Исследования показали, что пока вклад возобновляемой энергетики в мощность энергосистемы ограничен несколькими процентами, снижение базовой нагрузки традиционных электростанций будет незначительным. Однако по мере увеличения доли электростанций на ВИЭ базовая часть графика нагрузка начнет стремительно сокращаться. Как видно из рис. 2, при 25%-ом вкладе солнечных и ветровых электростанций в общую электрогенерацию базовая нагрузка снижается до нуля.

Анализ последствий внедрения солнечных электростанций в энергосистему Юга показал следующее. Характер изменений в суточном графике для летнего дня будет таким же, как для

Калифорнии. Но влияние этих изменений на режимы работы энергосистемы будет более выраженным. Это связано с тем, что коэффициент неравномерности графика нагрузки (определяется отношением зимнего максимума нагрузки к среднегодовому значению) на юге России выше, чем в Калифорнии. При небольшом вкладе солнечных электростанций в годовое производство электроэнергии (3-4%) базовая часть графика нагрузки будет определяться летним ночным минимумом и, по сути, остается неизменной. Однако при увеличении вклада солнечных электростанций до 10% базовая нагрузка снизится с 43% до 23% и будет определяться летним дневным минимумом [5].

Скорость снижения базовой нагрузки при массовом внедрении электростанций на ВИЭ иллюстрирует рис. 3. Там же показаны предельные масштабы использования ВИЭ, при которых придется останавливать работу традиционных электростанций. При доле электростанций на ВИЭ в суммарном годовом производстве электроэнергии равной 15% потребуются внеплановые остановы теплофикационных электростанций, а при доле 17% неизбежными окажутся неплановые остановы энергоблоков атомной электростанции.

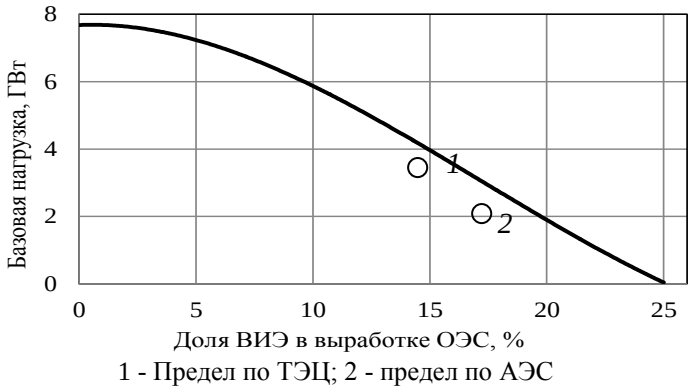


Рис. 3. Зависимость базовой нагрузки энергосистемы Юга от доли электростанций на ВИЭ.

Таким образом, использование в энергосистеме Юга электростанций на ВИЭ сверх 15% в годовой выработке электроэнергии приведет к дестабилизации работы традиционных электростанций. Последствиями такой дестабилизации станут перерасход топлива в системе, снижение экономической эффективности производства электроэнергии традиционными электростанциями, снижение надежности поставок электроэнергии потребителям, нарушение безопасности систем теплоснабжения, повышение риска аварийности атомной электростанции.

Согласно проекту Энергетической стратегии России на период до 2035 года установленная мощность атомных электростанциях в стране должна возрасти к концу периода на 22-31% (с 27,9 до 34-36,5 ГВт), а объем производства электроэнергии на них - на 28-37%. За этот же период общую установленную электрическую мощность в системах централизованного электроснабжения планируется увеличить только на 11-14% (с 253,6 до 281-289 ГВт). Это означает, что доля АЭС в установленной мощности энергосистем увеличится с 11% (2017 г.) до 12-13% (2035 г.).

Поэтому в будущем в России можно ожидать усиления влияния больших вводов электростанций на ВИЭ на базовую электрическую нагрузку в электроэнергетических системах. Это необходимо учитывать при планировании развития электроэнергетики страны. Придется выбирать между продолжением развития атомной энергетики и предлагаемым многими экспертами бурным развитием возобновляемой энергетики. В самом незавидном положении окажутся электростанции на органическом топливе. Особенно это касается угольных электростанций, характеризующихся плохими маневренными характеристиками. В покрытии перспективных графиков электрических нагрузок им просто не останется места. У атомной энергетики страны есть мощное лобби. У угольной энергетики его нет. В ее развитии должны были бы быть заинтересованы крупные отечественные угледобывающие компании. Однако они ориентированы на удовлетворение экспортных поставок угля. Потому их больше интересуют внешние угольные рынки.

3 Влияние использования ВИЭ на экономичность тепловых электростанций

Технологическое развитие электростанций на природном газе связано, главным образом, с внедрением высокоэффективных парогазовых установок (ПГУ). Изначально ПГУ предназначались для эксплуатации в базовой части графика нагрузки с ограниченным числом пусков-остановов (порядка 30 пусков в год при сроке службы 30 лет). Благодаря техническому совершенствованию

ПГУ появились возможности использования их и в полупиковых режимах. Технические требования к маневренности современных ПГУ допускают число пусков до 300 в год [6]. По сути, возможна ежесуточная остановка ПГУ. Однако работа ПГУ в полупиковой зоне графика нагрузок является неэкономичной.

В настоящее время мощные ПГУ работают с небольшим количеством остановов. При массовом внедрении в энергосистему солнечных и ветровых электростанций число циклов пуск-останов ПГУ возрастет многократно. В этом случае тепловые электростанции, включая мощные ПГУ, будут вытеснены в полупиковую, а затем и в пиковую зону графика нагрузки.

Согласно результатам выполненных исследований, уже при доле ВИЭ в энергосистеме равной 5-10% тепловые электростанции будут вынуждены работать в существенно более сложных условиях, чем при сложившейся структуре генерации (рис. 4). Так, при доле генерации на ВИЭ равной 10% средний по энергосистеме коэффициент неравномерности загрузки тепловых электростанций увеличится с 1,56 до 1,74. Возникнет необходимость ежесуточно останавливать 1-2 ГВт тепловых электростанций и еженедельно 3-4 ГВт на несколько часов в сутки. Это эквивалентно мощности практически всех установленных ПГУ в энергосистеме Юга (2,1 ГВт в 2017 г., 3,5 ГВт к 2025 г.).

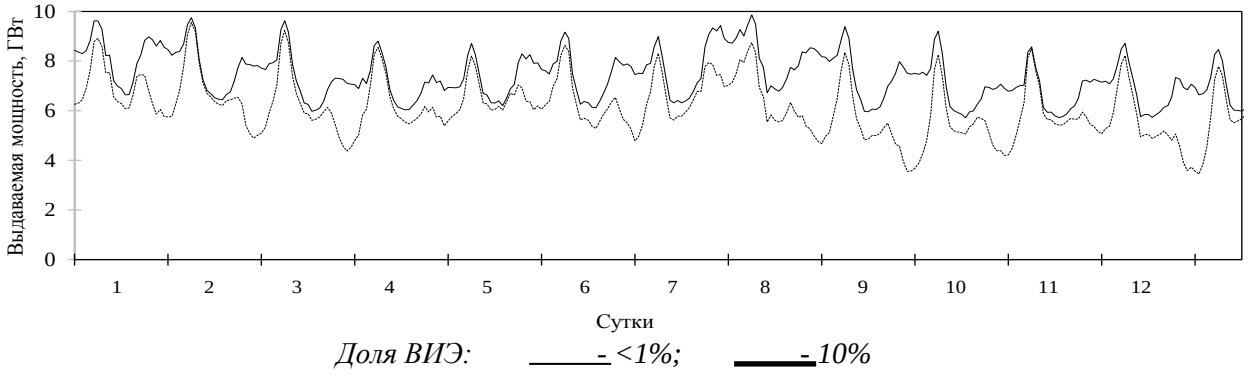


Рис. 4. Загрузка тепловых электростанций при разной доле ВИЭ в выработке электроэнергии в энергосистеме

Увеличение числа пусков оборудования электростанций приводит к уменьшению его рабочего ресурса и, следовательно, к снижению надежности, росту аварийности, увеличению затрат на ремонт, сокращению срока службы. Так, для газовой турбины LMS 100 PB производства GE Power мощностью 100 МВт проектный ресурс составляет 100 тыс. ч. За один пуск эквивалентное снижение ресурса составляет 43,37 ч [7]. Это означает, что если пуск турбины осуществляется 1 раз в 2 дня, то за год эксплуатации снижение ее ресурса окажется в 2 раза больше проектного.

Для определения периодичности технического обслуживания и прогнозирования ресурса ГТУ и ПГУ в работе [8] предложено использовать понятие эквивалентной наработки. Ее величина зависит от числа пусков, продолжительности простоя после останова, числа резких изменений нагрузки. С ростом числа пусков она снижается. Расчеты для элементов ПГУ-450 показали, что при ускоренном наборе мощности из остывшего состояния (70°С) на 46 мин по сравнению с проектным значением эквивалентная наработка разных элементов и узлов увеличивается на 13-68 ч на один пуск. Несложно посчитать, что если пусков будет не 30 в год, а 300, то эквивалентная наработка разных термонапряженных элементов увеличится на 3-17 тыс.ч/год.

По оценкам [9], затраты, связанные со снижением ресурса оборудования, при ежедневных пусках газовой турбины могут быть выше в 7-10 раз по сравнению с режимом ее постоянной работы на номинальной мощности. Снижение эквивалентного ресурса приведет к сокращению времени работы газовой турбины до капитального ремонта и полной ее замены. Это увеличит срок ее окупаемости.

Пусковые режимы очень неэкономичны и с точки зрения расхода топлива. Так, для газовой турбины LMS 100 PB пусковой расход топлива составляет около 7,3 т у.т. на один пуск. Чем длительнее простой (то есть чем больше остывает оборудование), тем больше требуется топлива на пуск и растет время пуска. Существенное увеличение числа пусков электрогенерирующих установок, особенно из остывшего состояния, повышает расход топлива в энергосистеме. По нашим оценкам, увеличение доли электрогенерации на ВИЭ в энергосистеме Юга до 10% от суммарного объема производства электроэнергии приведет к перерасходу топлива только на внеплановые пуски и остановы порядка 115 тыс. т у.т. в год.

Хорошо известно, что КПД газовой турбины существенно зависит от ее нагрузки. Поэтому работа даже высокоэффективных ПГУ в резко переменных режимах (то есть в неоптимальных условиях)

ведет к существенному снижению их среднегодового КПД и дополнительному перерасходу топлива. В итоге суммарная по энергосистеме экономия топлива за счет применения ВИЭ будет снижаться из-за его перерасхода на ТЭС.

Современные ПГУ большой мощности позволяют производить электроэнергию на газовом топливе с КПД до 60-64%. Однако внедрение их в энергосистемы с большой долей ВИЭ со стохастической генерацией может оказаться далеко не столь эффективным, как на то рассчитывают владельцы электрогенерирующих компаний. Причиной тому будет неизбежная работа ПГУ в неоптимальных условиях. Более серьезные негативные последствия будут иметь место в случае внедрения в такие системы высокоэффективных энергоустановок с ультравысокими параметрами пара, работающих на угле. Маневренные характеристики таких установок намного хуже, чем ПГУ.

Таким образом, вытеснение современных высокоэффективных, но дорогих теплоэлектростанций в полупиковую и пиковую зоны графика электрических нагрузок и их работа в резко переменных режимах неизбежно приведет к негативным эффектам: перерасходу топлива, росту стоимости жизненного цикла электростанций, снижению коэффициента использования установленной мощности. Итогом станет повышение затрат на производство электроэнергии и рост тарифов на нее для потребителей.

4 Меры, компенсирующие негативные системные эффекты ВИЭ

В России прилагаются значительные усилия по ускорению развития возобновляемой энергетики. Согласно распоряжению Правительства РФ от 28.02.2017 N 354-р целевой показатель накопленной установленной мощности ветроэлектростанций составляет 3,35 ГВт, солнечных электростанций на основе фотоэлектрических преобразователей - 1,76 ГВт. Эксперты Госкорпорации «Росатом» оценивают возможности внедрения ветроэлектростанций в России еще выше – до 3,6 ГВт к 2024 году [10]. Председатель правления АО "Роснано" А.Б. Чубайс предложил разработать новую программу модернизации российской энергетики на период 2025-2035 годы с вводом не менее 10 ГВт электрогенерирующих мощностей на базе ВИЭ. В таком случае суммарная установленная мощность электростанций на ВИЭ в стране в 2035 году может превысить 15 ГВт.

Учитывая неизбежность появления негативных системных эффектов при увеличении доли ВИЭ в энергосистемах, необходимо своевременно предусмотреть меры, компенсирующие эти эффекты. При этом нужно принимать во внимание специфику российской электроэнергетики: достаточно низкую стоимость органических топлив и их доступность (большие их запасы и объемы производства в стране), высокую степень централизации электроснабжения (наличие Единой электроэнергетической системы страны), высокую степень концентрации энергетического производства (большую долю крупных электростанций в производстве электроэнергии), важную роль централизованного теплоснабжения, значительный вклад атомной энергетики в структуру генерирующих мощностей и большие компетенции в данной области. Важно добиться взаимной согласованности внедрения электрогенерирующих установок на базе ВИЭ и мер по компенсации возможных при этом негативных последствий.

Действенный компенсационный эффект могут обеспечить следующие меры:

- системные: расширение использования высокоманевренных («балансирующих») газотурбинных и газопоршневых электростанций, аккумулирование электроэнергии (как на уровне электроэнергетической системы, так и у потребителей), повышение достоверности метеорологических прогнозов, оптимальное управление загрузками электростанций в энергосистеме с учетом метеорологических факторов, управление спросом на электроэнергию;
- станционные: повышение маневренности оборудования тепловых электростанций, обеспечение регулирования мощности электростанций на базе ВИЭ (с целью решения проблемы гипергенерации).

Возможно, наиболее эффективными окажутся структурные преобразования в электроэнергетических системах. Они связаны с переводом покрытия полупиковых и пиковых электрических нагрузок с дорогих высокоэффективных ПГУ на более дешевые балансирующие газотурбинные и газопоршневые установки. Конечно, балансирующие электростанции будут работать с низкой нагрузкой и в неэкономичных топливных режимах. Производимая электроэнергия будет дорогой. Но ее не будет много. Зато они значительно улучшат условия эксплуатации ПГУ. Снизятся затраты на производимую ими электроэнергию. В результате можно ожидать положительного экономического эффекта в системе, поскольку объемы выработки электроэнергии ПГУ существенно больше.

Аккумулирование электроэнергии в энергосистеме с помощью сетевых электрохимических аккумуляторов пока остается экономически неэффективным. У таких аккумуляторов относительно небольшой рабочий ресурс, недостаточное число циклов заряд/разрад, большие потери энергии при зарядке и в процессе хранения энергии (эффект саморазряда) и т.д. Они очень дорогие. Но быстрый технический прогресс в данной области может в корне изменить ситуацию уже в недалеком будущем.

Массовое внедрение электростанций на ВИЭ обострило проблему повышения маневренности оборудования современных мощных ПГУ, как и всех других типов тепловых электростанций. Прежде всего, требуется расширение их регулировочного диапазона, увеличения скорости набора нагрузки, увеличение допустимого числа пусков, в том числе из холодного состояния, повышения КПД и снижение выбросов вредных веществ при работе на частичных нагрузках. Во всем мире ведутся интенсивные исследования и разработки в данной области, в том числе и в России (ОАО «ВТИ» и др.). Они касаются совершенствования технологических процессов, создания нового технологического оборудования, разработки более эффективных алгоритмов и систем управления электрогенерирующими установками.

Возрастает важность совершенствования методов оптимизации структуры и функционирования электроэнергетической системы, ее взаимодействия с электростанциями, причем, в рыночных условиях. Нужны современные программно-аппаратные средства для реализации этих методов, а также организации удаленного мониторинга технического состояния оборудования. Это ключевые элементы так называемой «цифровой энергетики».

Заключение

В мире наблюдается интенсивное развитие возобновляемой энергетики. В некоторых странах она становится равноправным участником рынка электроэнергии. В России возобновляемая энергетика (без крупных ГЭС) пока не имеет заметного влияния на производство электроэнергии. Ожидается ускорение ее развития благодаря реализуемым в настоящее время мерам государственной поддержки.

Мировой опыт показал, что крупномасштабное внедрение в электроэнергетические системы солнечных и ветровых электростанций приводит к серьезным негативным последствиям. Во многом это вызвано стохастическим характером электрогенерации таких станций.

Оценены негативные эффекты от внедрения солнечных и ветровых электростанций в энергосистему Юга России. При доле их в суммарной электрогенерации, равной 25%, базовая нагрузка для традиционных электростанций снижается до нуля. Если их доля составит 15%, то потребуются внеплановые остановы теплофикационных электростанций, а при доле 17% неизбежными окажутся неплановые остановы энергоблоков атомной электростанции. Увеличение числа пусков оборудования электростанций приводит к уменьшению его рабочего ресурса, снижению надежности, и, значит, росту аварийности, увеличению затрат на ремонт, сокращению срока службы.

Учитывая неизбежность появления негативных системных эффектов при увеличении доли ВИЭ в энергосистемах, необходимо своевременно предусмотреть меры, компенсирующие их. При этом важно обеспечить взаимную согласованность внедрения электростанций на ВИЭ и мер по компенсации возможных при этом негативных последствий. Представляется целесообразным внедрение ВИЭ в России осуществлять в первую очередь в зонах децентрализованного энергоснабжения.

Литература

1. Wind covers 43.6% of Denmark's 2017 power demand [Электронный ресурс] URL:https://renewablesnow.com/news/wind-covers-436-of-denmarks-2017-power-demand-596488/ (дата обращения 03.05.2018 г.).
2. Critical Situation in the Transmission System of the Czech Republic as a Result of Enormous Production in Wind Parks in Germany at the Turn of 2014/2015. - CEPS, February 2015. 28 p. [Электронный ресурс] URL: https://www.ceps.cz/en/studies-and-analyses (дата обращения 03.05.2018 г.).
3. Overgeneration from Solar Energy in California: A Field Guide to the Duck Chart [Электронный ресурс] URL:https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65023.pdf (дата обращения 04.04.2019 г.).
4. Ten Years of Analyzing the Duck Chart: How an NREL Discovery in 2008 Is Helping Enable More Solar on the Grid Today / NREL. February 26, 2018 [Электронный ресурс] URL:https://www.nrel.gov/news/program/2018/10-years-duck-curve.html (дата обращения 04.04.2019 г.).
5. *Дильман М.Д.* Необходимость системного подхода к развитию традиционной и возобновляемой энергетики / в сб.: Материалы IV Международного конгресса "Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность". 5-6 июня 2018 г. Россия, Сколково. 259 с. - С. 227-233.

6. Технические требования к маневренности энергетических парогазовых установок блочных тепловых электростанций. - М.: ОРГРЭС. 1996. - 24 с.
7. *Аминов Р.З., Кожевников А.И.* Оптимизация режимов работу газотурбинной электростанции с учетом влияния износа оборудования // Теплоэнергетике. 2017. №10. С. 17-24.
8. *Радин Ю.А., Конторович Т.С.* Использование принципа эквивалентной наработки для оценки надежности оборудования ПГУ // Электрические станции. 2012. №1. С.16-18.
9. *Кожевников А.И.* Оптимизация режимов работы газотурбинной электростанции с учетом износа оборудования: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.01 - г. Саратов, СГТУ им. Гагарина Ю.А. 2014 г. 131 с.
10. http://www.rosatom.ru/production/vetroenergetika/ (дата обращения 11.05.2019 г.)

ОТ ЛОКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ К ГЛОБАЛЬНОМУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ОБЪЕДИНЕНИЮ: КОНЦЕПЦИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОБЛЕМЫ

Воропай Н.И., Подковальников С.В.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 130
ni.voropai@yandex.ru, spodkovalnikov@isem.irk.ru

Аннотация: В статье анализируются объективные тенденции объединения электроэнергетических систем (ЭЭС) и в конечном итоге создания Глобального Энергетического Объединения (ГЭО). Представлена концепция ГЭО. Ключевой составляющей ГЭО представляется Евро-Азиатский электроэнергетический суперпул. Важную интегрирующую роль в этом суперпуле призвана сыграть Единая энергосистема (ЕЭС) России. Излагаются требования к развитию ЕЭС России в связи с этой ее ролью.

Ключевые слова: электроэнергетические системы, объединение, Глобальное Энергетическое Объединение, Евро-Азиатский суперпул, роль ЕЭС России, требования к развитию.

Введение

Формирование электроэнергетических систем (ЭЭС) берет свое начало с первого десятилетия 20-го века. Это были небольшие локальные системы для снабжения электроэнергией промышленных предприятий, общественных зданий и других небольших локальных потребителей. Объективные выгоды совместной работы и согласованного развития ЭЭС (так называемые системные эффекты) явились причинами объединения локальных ЭЭС в региональные системы, которые объединялись в межрегиональные, национальные, межгосударственные и межконтинентальные электроэнергетические пулы. К середине 1900-х годов в Западной Европе, Северной Америке, бывшем СССР и Восточной Европе работали межгосударственные электроэнергетические объединения (МГЭО). И процесс создания МГЭО продолжается.

Вероятно, Р.Б. Фуллер был первым, кто сформулировал идею Глобального Электроэнергетического Объединения [1]. Эта идея была доведена до детальной концепции Ю.Н. Руденко и В.В. Ершевичем в [2]. В 1986 г. в Сан-Диего, Калифорния, был учрежден Институт Глобальной Энергетической Сети (GENI) для выполнения исследований по созданию Глобального Электроэнергетического Объединения [3]. Ю.Н.Руденко в 1991 г. была организована международная конференция «Мировая энергетическая система». Эта конференция успешно работала до начала 2000-х. В 1996 г. в Токио был создан международный Азиатско-Тихоокеанский Энергетический Исследовательский Центр (APERC), одной из важных задач которого, помимо прочих, является исследование потенциала и проблем создания межгосударственных энергетических объединений в регионе АТЭС [4, 5]. В 1998 г. Институтом систем энергетики им. Л.А.Мелентьева СО РАН была учреждена международная конференция «Азиатская энергетическая кооперация», проводимая один раз в два года и посвященная проблемам создания межгосударственных энергообъединений в азиатском регионе. Все эти инициативы стимулировали многие исследования в этой важной области [6, 7 и др.].

В 2015 г., с учетом существенного прогресса в технологиях линий электропередачи ультра высоких напряжений [8], идея Глобального Энергетического (Электроэнергетического) Объединения получила новый импульс и была развита в книге [9] Президента Государственной электроэнергетической корпорации Китая Лю Чженья. Книга была издана на китайском, английском и русском языках. Были учреждены международная ассоциация «Организация по развитию

глобального энергетического объединения и кооперации» (GEIDCO) и международный журнал “Global Energy Interconnection”.

В данной статье обсуждаются ключевые вопросы создания Глобального Энергетического Объединения (ГЭО): некоторые исходные положения (раздел 1); концепция ГЭО (раздел 2); общесистемный взгляд на возможное Евро-Азиатское супер-объединение как составляющую ГЭО (раздел 3); требования к развитию Единой энергетической системы (ЕЭС) России как важного элемента Евро-Азиатского супер-объединения (раздел 4); заключение (раздел 5).

1 Исходные положения

При обсуждении возможностей создания ГЭО необходимо учитывать ряд важных аспектов, а именно:

1. Активно обсуждалась проблема существования технических пределов объединения ЭЭС на параллельную работу с использованием электропередач переменного тока. Эти пределы могли бы быть связаны с возникновением низкочастотных слабо демпфированных колебаний, высокой вероятности крупных системных аварий и др. в таких протяженных энергообъединениях [10 – 13]. Однако такие проблемы активно изучаются и вырабатываются меры по их недопущению. Примером нормально работавшего на переменном токе энергообъединения было энергообъединение «Мир» с протяженностью от Монголии до западных границ стран Центральной Европы. С другой стороны, проблему можно решить рациональным секционированием структуры электрической сети с использованием линий и вставок постоянного тока, устройств FACTS и др. при реализации необходимых принципов и законов управления, прежде всего в аварийных условиях.

2. точки зрения экономической эффективности объединения ЭЭС существует мнение, что увеличение размеров энергообъединения ограничивается малыми темпами роста экономики стран-партнеров [12]. Однако это мнение разделяется не всеми исследователями. Более корректно говорить о том, что существуют экономические пределы обмена электроэнергией на далекие расстояния, но это не является препятствием для объединения ЭЭС: в таком энергообъединении, наоборот, появляются дополнительные возможности обменов электроэнергией на экономически обоснованные расстояния [13 – 15].

3. Энергетическая независимость стран и электроэнергетических компаний в условиях стимулирования рыночных отношений между компаниями является фактором ослабления централизованного управления функционированием и развитием МГЭО. Этот фактор ограничивает масштабы обменов электроэнергией между странами, при этом такие обмены тем ниже, чем сложнее политические взаимоотношения между странами-партнерами. В то же время, наличие МГЭО стимулирует экономическую кооперацию участвующих стран, что способствует рациональному использованию энергии и других ресурсов и в долгосрочном плане обеспечивает политическую стабилизацию в регионе [15].

4. Опыт развития ЭЭС показывает, что хотя дискуссии о необходимости крупномасштабных электропередач на большие расстояния продолжаются, в то же время планируются и реализуются электропередачи значительно меньших масштабов. В любом случае тенденции развития ЭЭС показывают, что рост электропотребления и генерирующих мощностей, расширение энергообъединений и межсистемных обменов увеличивает возможности ЭЭС партнеров по обеспечению надежности электроснабжения потребителей.

5. Электроэнергетика уже сейчас играет важную инфраструктурную роль и эта роль будет усиливаться в будущем. Указанный фактор стимулирует создание межнациональных и межконтинентальных электроэнергетических объединений и формирование ГЭО в перспективе.

6. В удаленной перспективе технические возможности дальних электропередач и повышения эффективности объединяемых ЭЭС будут повышаться при использовании новых технологий, таких как, например, высокотемпературная сверхпроводимость.

2 Концепция Глобального Энергетического Объединения [9]

2.1 Основные положения стратегии

Концепция ГЭО базируется на стратегии замены топлива экологически чистыми энергетическими ресурсами и повышения доли электроэнергии в конечном энергопотреблении. Ожидается крупномасштабное развитие генерирующих источников на возобновляемых энергоресурсах (ветер, солнце, гидроэнергия). Некоторые страны будут развивать ядерную энергетику, основанную на закрытом топливном цикле с реакторами на быстрых нейтронах 16. Планируется развитие электрической сети ультравысоких напряжений с протяженными линиями электропередачи для связи удаленных частей ГЭО друг с другом.

В течение 2000 – 2013 гг. доля возобновляемых энергетических ресурсов (исключая гидроэнергию) в мировом производстве электроэнергии увеличилась с 1.8 % до 4.8 %. При такой динамике доля чистых энергетических ресурсов может составить в мировом производстве электроэнергии 80 % к 2050 году, что потребует коренного пересмотра моделей функционирования ЭЭС. Повышение доли электроэнергии в конечном энергопотреблении планируется, в том числе, за счет прямого использования угля, продуктов нефтепереработки и природного газа в промышленности и домашних хозяйствах. Сейчас, например, доля электрообогрева в европейских странах составляет 90 %. Электроэнергия существенно отличается от других первичных энергоресурсов удобством использования, экологической безопасностью и эффективностью по стоимости, как при передаче, так и при потреблении. Около трети мирового энергопотребления падает на транспорт. Однако эффективность использования энергии продуктов нефтепереработки составляет 15 -20 % и возможности ее повышения незначительны. В то же время, эффективность преобразования электроэнергии в кинетическую энергию, имея в виду эффективность зарядных систем для батарей, составляет 80 %. Доля электроэнергии в мировом энергопотреблении за 1990 – 2012 гг. выросла с 34,0 % до 38.1 %. При такой динамике эта доля может вырасти до 80 % к 2050 г. [17].

2.2 Стадии создания

Глобальное энергетическое объединение за период до 2050 г. может связать все континенты и большие области концентрации возобновляемых и других энергоресурсов. Формирование ГЭО представляется многостадийным процессом [9].

На первой стадии до 2030 г. необходимо обеспечить согласованное развитие национальных и межгосударственных ЭЭС, а также форсировать освоение везде в мире экологически чистых энергоресурсов. Генерируемая электроэнергия будет доставляться потребителям путем использования существующих и вновь вводимых линий сформированных межгосударственных энергообъединений. При этом будут максимально использоваться системные эффекты, перечисленные в [18], что обеспечит эффективность функционирования и развития ЭЭС.

Ключевыми целями второй стадии (2030 – 2040 гг.) будет развитие крупнейших кластеров в Арктике и экваториальных районах, в которых концентрируются возобновляемые энергоресурсы, а также формирование континентальных МГЭО. На этой стадии начнется строительство основных электропередач между континентами. Одной из важных целей является разработка принципов кооперации между странами по созданию ГЭО и управлению его функционированием.

Третья стадия 92040 – 2050 гг. будет связана с завершением формирования ГЭО путем создания системы технологического и коммерческого управления, которая может базироваться на различных принципах и структуре в различных территориальных секторах ГЭО [18 и др.]. Это позволит обеспечить рациональные межгосударственные и межконтинентальные обмены электроэнергией, сокращение ее стоимости, реализацию высокой надежности электроснабжения потребителей при высоком качестве электроэнергии.

2.3 Ключевые технологии

В ГЭО будут использованы экологически чистые технологии для производства и передачи электроэнергии на ультравысоких напряжениях.

Основным направлением совершенствования ветрогенерации является разработка низкоскоростных ветроагрегатов, обеспечение возможностей их работы в экстремальных климатических условиях, развитие оффшорных ветропарков, повышение точности прогнозирования скорости ветра. Для солнечной генерации перспективным направлением является производство высокоэффективных фотоэлектрических материалов и тонкопленочных солнечных панелей, упрощение их производства и установки, а также развитие методов управления фотоэлектрическими установками с учетом переменчивой солнечной активности.

В настоящее время технологии ветрогенерации развиваются достаточно активно. Возможный для использования потенциал ветроэнергии представлен в 19. В соответствии с этими оценками к 2040 году доля ветрогенерации в общем объеме генерации электроэнергии при благоприятных условиях может составить 30 %. Интенсивное развитие технологий в первой декаде 21 века привело к созданию ветротурбины 8 ГВт при сокращении стоимости электроэнергии, вырабатываемой ветроагрегатами, на 90 %. В текущем десятилетии можно ожидать сокращение стоимости электроэнергии от ветротурбин еще на 50 % за счет роста их единичной мощности.

Благодаря субсидированию правительствами многих стран дорогой пока электроэнергии, вырабатываемой солнечными электростанциями, установленная мощность фотоэлектрических

станций в мире в 2015 г. достигла 200 ГВт. Основная проблема заключается в повышении эффективности преобразования солнечной энергии, которая сейчас составляет приблизительно 20 %. Тем не менее, теоретическая эффективность монокристалических и поликристалических силиконовых ячеек находится на уровне 38 %. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрическими установками к 2025 году может сократиться на 55 %.

Технологии тепловой солнечной генерации активно развиваются с 1970-х. В настоящее время эффективность тепловых солнечных электростанций достигает 25 – 30 %. Согласно прогнозам к 2050 году стоимость электроэнергии тепловых солнечных электростанций будет ниже, чем традиционных.

Прогноз будущего ГЭО должен учитывать ускоренное развитие безопасной и надежной ядерной энергетики, учитывая, в том числе, захоронение ядерных отходов. Россия является первой в мире по совершенствованию этой важной технологии, имея ввиду работающий на Белоярской АЭС быстрый бридерный реактор БН-800 [16].

Развитие технологий хранения электроэнергии, особенно интенсивное в последних декадах, чрезвычайно важно для крупномасштабного использования возобновляемых энергоресурсов, а также надежного и экономически эффективного функционирования ЭЭС. Накопители электроэнергии имеют ключевую перспективу в будущем ГЭО.

Для передачи больших объемов электроэнергии на дальние расстояния предлагается развитие электрической сети путем строительства линий ультравысоких напряжений постоянного и переменного тока. Первая в мире ЛЭП 1000 кВ переменного тока введена в Китае в 2009 году. Китай сейчас имеет 6 успешно работающих передающих линий постоянного тока +\-800 кВ. Бразилия и Индия вводят многие ЛЭП постоянного тока этого класса напряжения. Изучается и тестируется оборудование на +\-1100 кВ постоянного тока для передачи электроэнергии на расстояния порядка 3000 км при пропускной способности до 12 ГВт.

Важным элементом сети постоянного тока является выключатель постоянного тока. В настоящее время в Китае на пятитерминальной системе постоянного тока работает выключатель +\-200кВ. В стадии тестирования находится выключатель +\-500 кВ, разрабатывается выключатель +\-800 кВ.

Очень важное значение имеют кабельные электропередачи ультра высокого напряжения, которые обеспечивают электрические связи объединяемых ЭЭС через водные преграды и снабжение электроэнергией от офшорных электростанций. С 1990-х годов существует тренд доминирования кабельных ЛЭП постоянного тока в сравнении с другим оборудованием, вводимым в работу в мире. В случае успешного развития кабельных электропередач +\-800 кВ постоянного тока это будет возможность преодолевать водные преграды на расстояния до 1000 км.

2.4 Возможные вызовы

Как и многие амбициозные проекты, концепция ГЭО дает большие возможности использования передовых технологий и прогрессивных решений, однако встречает и обоснованную критику. Идеологи концепции [9] также выделяют потенциальные угрозы. Например, не исключается вероятность таких геополитических конфликтов, как нефтяной кризис 20-го столетия и более локальные события, инициирующие проблемы энергетической безопасности стран-участниц. Создание и функционирование ГЭО невозможны без скоординированных действий и сотрудничества всех стран, предоставляющих необходимых экспертов. Например, причиной несогласия может оказаться распределение экономических эффектов среди стран-участниц ГЭО. Помимо этого, вследствие масштаба объединения, проблемы технологического управления и рыночного взаимодействия могут оказаться значимыми.

С учетом сказанного создание международной ассоциации организаций и экспертов «GEIDCO» имеет принципиальное значение. Это международное коллегиальное образование будет проводить развитие идеологии, организацию исследований многочисленных проблем, и выбор единственного вектора развития мировой электроэнергетической отрасли как межгосударственной инфраструктуры, обеспечивающей экономичное, надежное и устойчивое электроснабжение потребителей.

3 Общесистемный взгляд на Евро-Азиатское суперобъединение

В последнее время имеет место тенденция формирования крупных электроэнергетических объединений на Евро-Азиатском континенте. Электрические связи между этими объединениями в конце концов приведут к созданию совместной Евро-Азиатской электроэнергетической инфраструктуры. Наряду с развитием электрической сети переменного тока сверхвысоких напряжений на территории континента будут достаточно широко по различным причинам строиться электропередачи постоянного тока.

Такая протяженная межгосударственная электроэнергетическая инфраструктура, как любая большая система, должна иметь иерархическую структуру в виде взаимодействующих электроэнергетических зон (зональных объединений). Условия выделения зон могут быть связаны с возможными проблемами технологического управления, локализацией зональных электроэнергетических рынков, ограничиваемых большими расстояниями передачи электроэнергии по ЛЭП ограниченной пропускной способности, и др. Например, ЕЭС России может быть представлена в виде иерархической структуры, которая включает 7 объединенных ЭЭС, управляемых своими диспетчерскими центрами, координируемыми диспетчерским центром ЕЭС России. Каждая объединенная ЭЭС состоит из нескольких региональных ЭЭС, имеющих свои региональные диспетчерские центры координируемые соответствующими межрегиональными диспетчерскими центрами. ENTSO-E и энергообъединение США и Канады имеют иерархическую организацию другого типа.

В рассматриваемом контексте выражение типа «Евро-Азиатское супер энергообъединение» в определенном смысле условно. Не совсем корректно говорить о маневрировании потоками электроэнергии от Тихого океана до Атлантического, например, для совмещения суточных графиков нагрузки потребителей, расположенных в разных часовых зонах на противоположных концах энергообъединения, или взаимопомощи резервами на такие большие расстояния. Важно то, что создается развитая электроэнергетическая инфраструктура, позволяющая использовать потенциальные системные эффекты наиболее рациональным образом в любой части такого суперобъединения в зависимости от конкретных локальных условий (пропускная способность связей, потери в электрической сети, маневренность генерирующего оборудования и др.).

4 Требования к развитию ЕЭС России

Изложенная концепция формирования Евро-Азиатской электроэнергетической инфраструктуры предопределяет интегрирующую роль ЕЭС России. С этих позиций рассмотрим требования к развитию ЕЭС России для трех направлений: западного, восточного и южного.

Западное направление не предполагает каких-либо новых требований к усилению интеграции ЕЭС России с ЭЭС Западной, Северной, Центральной и Восточной Европы. В этом направлении важными задачами являются увеличение установленной мощности электростанций и усиление основной электрической сети переменного тока для обеспечения активного участия ЕЭС России в европейском рынке электроэнергии, а также усиление основной сети в зонах, прилегающих к возможным линиям и вставкам постоянного тока (ВПТ) для реализации «электрических мостов» Восток-Запад, Балтийское кольцо, электропередача постоянного тока (ППТ) Россия-Турция. Необходимо отметить приоритетность реализации связей ЕЭС России с ENTSO-E при использовании ППТ и ВПТ с точки зрения требований совместного функционирования [20].

Восточное направление (регионы Северо-Восточной Азии) требует более серьезного рассмотрения в плане развития генерации и усиления электрической сети, включая линии между ЭЭС Восточной Сибири и Дальнего Востока [21].

Говоря о генерации, необходимо иметь ввиду существенные экологические ограничения на ввод электростанций на традиционном органическом топливе в Японии, Южной Корее и Китае. В этих условиях российская электроэнергетика может предложить более предпочтительный экологически дружественный путь на основе использования электроэнергии ГЭС и АЭС для участия в электроэнергетических рынках рассматриваемых стран в сравнении с электроэнергией тепловых электростанций на ископаемом органическом топливе. В этих условиях роль планируемой Приморской АЭС становится значимой.

В связи с рассматриваемыми проблемами необходимо обратить внимание на необходимость создания приемлемых инвестиционных условий для строительства в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке ГЭС малой и средней мощности. Некоторые из таких ГЭС находятся на предпроектной стадии рассмотрения. В соответствии с общей оценкой суммарной установленной мощности таких ГЭС в операционной зоне ОЭС Востока может быть до 9.9 ГВт, включая в Амурской области (без Зейской, Бурейской и Нижне-Бурейской ГЭС) – до 3.4 ГВт, в Хабаровском крае (без Тугурской приливной электростанции 8 ГВт) – до 0.9 ГВт, в Приморском крае – до 0.6 ГВт, на юге Республики Саха (Якутия) – до 5 ГВт. Имеются подобные проекты в Восточной Сибири – например, Мокская ГЭС мощностью 2 ГВт.

Определенный рост генерации в этом регионе можно также ожидать в результате программ газификации регионов (республик, краев, областей) частично при государственном стимулировании строительства тепловых электростанций на базе газотурбинных установок, а также путем замены старых котельных в городах и поселках городского типа на малые газотурбинные ТЭЦ с

использованием высокоэффективного оборудования. Оценки показывают, что суммарная установленная мощность таких мини ГТУ- ТЭЦ может составить в Восточной Сибири – до 3 ГВт, на Дальнем Востоке – до 2 ГВт [22].

Необходимо рассматривать развитие электрической сети 500 кВ для усиления связей ЭЭС Восточной Сибири и Дальнего Востока в соответствии с потребностью развития ЕЭС России. Это будет решать проблемы электроснабжения Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и южной зоны Транссибирской магистрали и повысит надежность электроснабжения потребителей Дальнего Востока. Одновременно линии 500 кВ могут быть использованы для небольших приграничных поставок электроэнергии в Китай и Монголию.

Более мощные линии постоянного тока могут послужить связями между ЭЭС стран региона Северо-Восточной Азии. В связи с этим необходимо иметь ввиду потенциальную связь постоянного тока «Усть-Илимск – Южно-Якутский гидроэнергетический комплекс (ГЭК) – Хабаровск» [23]. Эта линия свяжет ОЭС Сибири и Востока, а также будущие крупные ГЭК: Тугурскую приливную электростанцию на побережье Охотского моря; Южно-Якутский ГЭК, включая Учурскую и Тимптонскую ГЭС; Мокскую ГЭС на реке Витим. Терминалы этой электропередачи будут служить отправными точками для ввода межгосударственных ППТ для связи с ЭЭС Китая, Японии, КНДР и Республики Корея.

Таким образом, рассматриваемая ППТ может стать мощной и важной связью в межгосударственном электроэнергетическом объединении Северо-Восточной Азии. Эта электропередача будет многофункциональной и будет способствовать реализации различных системных эффектов от объединения ЭЭС. Оценки показывают потенциальную эффективность этого комплексного проекта даже при очень низкой эффективности Тугурской приливной электростанции. Отказ от ее строительства приведет к повышению ожидаемой эффективности рассматриваемой электропередачи.

Южное направление (Центральная Азия, Южная Азия и Ближний Восток) требует развития объединенных ЭЭС Сибири и Урала и их связей между собой и с ЭЭС Казахстана. Учитывая то, что связи между этими ОЭС проходят сейчас в основном через территорию другого государства, что ограничивает возможности управления их режимами, необходимо вернуться к рассмотрению достаточно мощной линии между ОЭС Сибири и ОЭС Урала по территории России, которая обсуждалась в середине 1990-х годов.

Чтобы реализовать независимое управление перетоками по этой связи, ее надежность и участие ЕЭС России в электроэнергетических рынках Центральной Азии, а затем Южной Азии и Ближнего Востока, сооружение линии между ОЭС Сибири и ОЭС Востока было бы предпочтительно на постоянном токе, в то время как предпроектные разработки рассматривали линию 1150 кВ переменного тока.

Усиление связи «Урал – Сибирь», а также потенциальное участие ОЭС Урала и ОЭС Сибири в электроэнергетических рынках Центральной Азии, потребуют усиление связей по направлению «Урал- Средняя Волга-Центр», которые логично реализовать на переменном токе.

В связи с рассматриваемыми аспектами возможные направления развития генерации в Западной Сибири и на Урале могли бы быть с вязаны с расширением использования углей Канско-Ачинского бассейна, однако потребуются высоко эффективные и экологически чистые технологии их переработки и обогащения. Оцениваемые объемы развития генерирующих мощностей составляют до 3 ГВт в Западной Сибири и до 5 ГВт на Урале. При этом потребуется государственная поддержка программ газификации углей и использования газотурбинных установок и агрегатов комбинированного цикла.

Заключение

Формирование региональных и межгосударственных электроэнергетических объединений и создание на их основе Глобального Энергетического Объединения является важной долгосрочной тенденцией развития ЭЭС вследствие возможности реализации известных системных эффектов и повышения инфраструктурной роли электроэнергетики. Создание межгосударственных электроэнергетических пулов, наблюдаемое последнее время на Евро-Азиатском континенте, приведет в будущем к формированию Евро-Азиатского суперпула. Ряд факторов, прежде всего иерархическая система управления режимами, определяют иерархическую структуру такого суперпула. ЕЭС России объективно будет играть интегрирующую роль в Евро-Азиатском МГЭО, что предопределяет вполне определенные требования к развитию ее генерирующих мощностей и системообразующей электрической сети.

Примечание

Работа выполнена по государственному заданию, проект 17.6.2 программы фундаментальных исследований СО РАН, рег. № АААА-А17-117030310447-3.

Литература

1. Fuller R.B. Critical path. - New York: St. Martin's Press, 1981. - 336p.
2. Rudenko Yu.N., Ershevich V.V. Is it possible and expedient to create a global energy network? // International Journal of Global Energy Issues. Vol. 3. 1991, No. 3. - P. 159-165.
3. Global Energy Network Institute, http://www.geni.org
4. Power interconnections in the APEC region: current status and future potential. Tokyo: APERC, 2000. - 154p.
5. Electric power grid interconnections in the APEC region. Tokyo: APERC, 2004. - 172p.
6. Voropai N.I., Koshcheev L.A. Conceptual view on the Eurasian superpool and requirements to Russia's unified electric power system development // 2003 CIGRE Symposium on Development and Operation of Interconnections in the Restructuring Context.
7. Belyaev L.S., Chudinova L.Yu., Khamisov O.V., Podkovalnikov S.V., et al. Studies of interstate electric ties in Northeast Asia // International Journal of Global Energy Issues. Vol. 17. 2002, No. 3. - P. 228-249.
8. Liu Zhenya. Ultra high voltage AC/DC grids. London: Elsevier Academic Press. 2014. - 758 p.
9. Liu Zhenya. Global energy interconnection. London,: Elsevier Academic Press. 2015. - 396 p.
10. Paris L., Zini G., Valtorta M., Manzoni G., at al. Present limits of very long distance transmission systems // 1984 CIGRE Session.
11. Antimenko Yu.L., Yershevich V.V., Rudenko Yu.N., Voropai N.I., et al. The USSR United Power Grid: the experience and problems of development // 1992 CIGRE Session.
12. Mueller H.-G., Haubrich H.-J., Schwarz J. Technical limits of interconnected systems // 1992 CIGRE Session.
13 Meslier F. How should we make best use of the potential of interconnected systems? // 1993 UNIPEDE Conference on Development and Operation in Large Interconnection Systems..
14. Straub L. Opportunities of the development of cooperation between the electricity-generating industries of East and West Europe // 1993 UNIPEDE Conference on Development and Operation in Large Interconnection Systems.
15. Voropai N.I., Shutov G.V., Filippov S.P. Possible directions in development of the global electric network // Perspectives in Energy. Vol. 3, 1994 – 1995, - P 29- 297.
16. Пономарев-Степной Н.Н. На пути к устойчивому развитию // Российское Энергетическое Агентство, 2016, № 1. - С. 31 – 39.
16. Коваленко П., Осинцев К. Анализ развития Глобального Энергетического Объединения // Труды Международной конференции «Электроэнергетика глазами молодежи», Казань, Россия, 2016, 7 с.
17. Voropai N., Podkovalnikov S., Osintsev K. From interconnections of local electric power systems to Global Energy Interconnection // Global Energy Interconnection. Vol. 1. 2018, No. 1. - P 4- 10.
18. Global wind report 2015 – annual market update // Global Wind Energy Council, 2015. - 124p.
19. Monitoring, control and protection of interconnected power systems / Edit by U.Haeger, Ch.Rehtanz and N.Voropai. Berlin: Heidelberg e.a.: Springer, 2014. - 391p.
20. Беляев Л.С., Подковальников С.В., Савельев В.А. Эффективность межгосударственных электрических связей. Н: Наука, 2008. -239с.
21. Voropai N.I. Use of new energy technologies in the Asian part of Russia // IEEE Power Engineering Review. Vol. 21. 2001, No. 7. - P 7-10.
*22. Belyaev L.*S., *Chudinova L.Yu., Koshcheev L.A., Podkovalnikov S.V., et al.* The high voltage direct current bus "Siberia – Russian Far East" // 2003 IEEE PES General Meeting, Toronto, Canada, July 13 – 17, 2003, 5 p.

РАВНОВЕСНЫЕ СОСТОЯНИЯ И КОАЛИЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТОСТИ[2]

Суслов В. И.

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Россия, г. Новосибирск проспект Лаврентьева д. 17

suslov@ieie.nsc.ru,

Доможиров Д. А.

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Россия, г. Новосибирск проспект Лаврентьева д. 17

d.domozhirov@gmail.com,

Ибрагимов Н. М.

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Россия, г. Новосибирск проспект Лаврентьева д. 17, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, ул. Пирогова, 1

naimdjon@ieie.nsc.ru

Аннотация: Для одного класса оптимизационных межрегиональных моделей «затраты-выпуск» вводятся новые инструментальные понятия для исследования взаимозависимостей трех характеристик межрегиональной системы: равновесности, коалиционной устойчивости и открытости. Проведена серия расчетов, иллюстрирующая принципиальные различия свойств замкнутой и открытой межрегиональной системы.

Ключевые слова: Межрегиональные системы, модели «затраты-выпуск», вычислимое общее равновесие, равновесие Вальраса, ядро кооперативной игры.

Введение

Класс оптимизационных межрегиональных моделей «затраты-выпуск» (ОМММ) [4] традиционно используется в ИЭОПП СО РАН для задач анализа и прогнозирования многорегиональной экономики. Теоретическая база, на которой строятся данные модель, допускает модельные постановки в виде кооперативной игры [3, 4] и в виде модели общего равновесия [2, 4]. Для простых модификаций, моделирующих замкнутую экономику, математически доказаны результаты [1, 2, 3], связывающие все модельные постановки в единую непротиворечивую теоретическую конструкцию, наделяющую межрегиональные модели «хорошими» свойствами из классической математической экономики: существование и неблокируемость вальрасова равновесия, существование эджвортовских k-ядер, включение множества вальрасовых равновесий в множество эджвортовских равновесий.

Наличие теории для кооперативно-игровой и равновесной постановок позволяет расширить применение ОМММ (см. постановку в [4]) для более тонкого анализа межрегиональных отношений , в частности, для анализа эквивалентности и взаимовыгодности межрегиональных взаимодействий. ОМММ как модель вычислимого равновесия используется для анализа эквивалентности межрегионального обмена (равновесный анализ). Кооперативная постановка модели позволяет использовать ее для задач экономики интеграции, а именно, для исследования экономических предпосылок межрегиональной дезинтеграции (коалиционный анализ).

Данный инструментарий успешно действует для модификаций модели с экзогенной внешней торговлей (с фиксированными значениями переменных экспорта-импорта), которые, по сути, математически эквивалентны моделям замкнутой экономики. Однако попытка формально перенести применение тех же методов анализа на модификацию модели с эндогенной внешней торговлей привела к озадачивающим результатам: для рассчитанного по восьмирегиональной модели экономики РФ приближения вальрасова равновесия нашлось множество блокирующих коалиций, что противоречит предсказаниям из классической математической экономики, согласно которым вальрасово равновесие не блокируется.

В настоящем исследовании выполнено понятийное расширение модельного аппарата, позволяющее численно проанализировать влияние открытости модельной экономики на свойства ее

[2] *Работа выполнена по плану НИР ИЭОППП СО РАН, проект XI.171.1.1. «Разработка, апробация и применение в теоретических и прикладных исследованиях программно-методических комплексов и информационных систем анализа и прогнозирования социально-экономических процессов», № АААА-А17-117022250129-2*

равновесных и коалиционно устойчивых состояний, а также представлены результаты и интерпретация соответствующих численных экспериментов.

Описание модели

Полная математическая постановка рассматриваемой модели приведена в [5], что позволяет нам ограничиться в данной статье ее вербальным описанием и схемой (см.рис.1).

Модель представляет собой линейную задачу векторной оптимизации, в которой целевые переменные регионов z^r (конечное потребление) скаляризуются в общесистемную целевую переменную z ограничениями вида

$$z^r - \lambda^r z \le 0,$$

где $(\lambda^r)_{r\in R}$ – экзогенный вектор территориальной структуры конечного потребления, такой что

$$0 \le \lambda^r \le 1, \sum_r \lambda^r = 1.$$

Каждому вектору λ соответствует некоторое оптимальное решение прямой и двойственной задач линейного программирования (точка границы Парето многокритериальной задачи).

Ограничения модели представлены, прежде всего, региональными балансами производства-распределения продукции, которые связывают переменные производства региона, межрегиональных перевозок, регионального экспорта-импорта и регионального потребления. Кроме того, действует общесистемное ограничение на сальдо внешнеторгового баланса связывает переменные экспорта и импорта всех регионов. Присутствующие в данном ограничении коэффициенты мировых цен определяют свойства внешнего рынка.

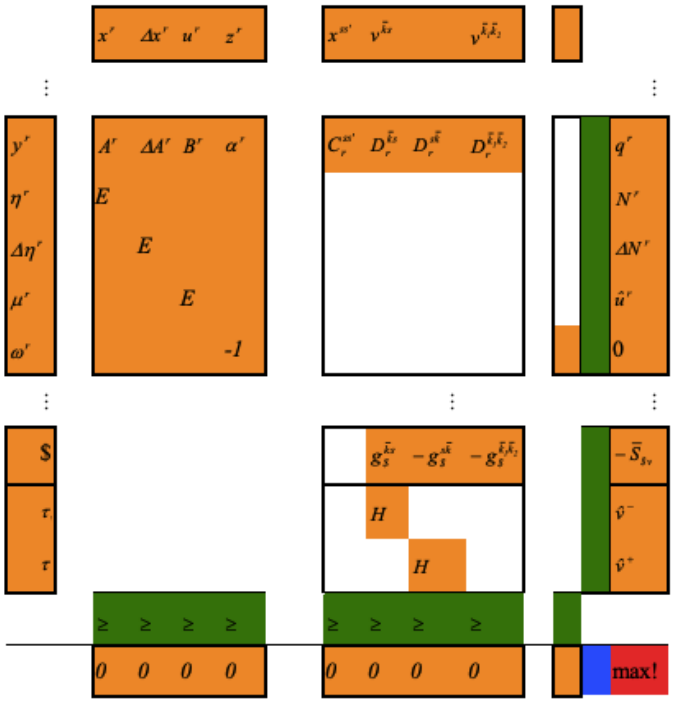


Рис. 1 Схема блоков модели

Из оптимального решения прямой и двойственной задачи алгебраически вычисляется вектор сальдо межрегионального обмена $(S^r)_{r\in R}$. Территориальные пропорции λ^r, для которых вектор $(S^r)_{r\in R}$ состоит из нулей, соответствуют состоянию эквивалентного обмена (равновесие с нулевым сальдо).

Перейдя к кооперативно-игровой постановке модели, мы можем поставить следующий вопрос: найдется ли такая коалиция регионов, каждый участник которой выиграет от обособления данной коалиции из системы? Или, формально, блокирует ли коалиция T состояние λ $(z_T^r > z^r \ \forall r \in T)$? Для этого с помощью некоторой алгоритмической процедуры с переменными и ограничениями модели строится система неравенств, определяющая множество состояний, достижимых произвольной коалицией регионов $T \subseteq R$. Далее для этой системы неравенств строится специальная задача

линейного программирования, решение которой позволяет выявить факт блокирования коалицией T состояния λ.

Применяемые алгоритмы позволяют не только определить наличие или отсутствие блокирующей коалиции, но и измерить степень блокируемости. На практике вычисляется лишь некоторое численное приближение равновесного состояния, поэтому для анализа было решено перейти от бинарного понимания концепций равновесности, блокируемости и открытости к некоторой системе численных измерителей этих свойств.

Инструментальные понятия: степени неравновесности, блокируемости и открытости

Степенью неравновесности считаем величину

$$Eq = \max_r \frac{|S^r|}{z^r}.$$

Величина Eq представляет собой норму вектора из компонент сальдо межрегионального обмена, отнесенных к величине конечного потребления региона, и характеризует степень неэквивалентности межрегионального обмена в состоянии λ. Если хотя бы у одного региона сальдо межрегионального обмена будет составлять значимую часть в масштабах экономики региона, то значение невязки Eq будет велико. И наоборот, если Eq близко к нулю, то система находится в состоянии, близком к равновесию.

Степень блокируемости. Поскольку мы будем строить некоторые количественные зависимости, то бинарное свойство состояния «блокируется – не блокируется» оказывается малосодержательным. Кроме того, поскольку на блокируемость мы будем проверять не «чистые» вальрасовы равновесия, а состояния с различными значениями степени неравновесности, то часто будем получать ответ «блокируется». Поэтому имеет смысл ввести некоторые метрики блокируемости. В качестве таких метрик берем

1. максимальный относительный прирост конечного потребления регионов по всем блокирующим коалициям (по сравнению с большой коалицией)

$$W = \max_{r,\ S \ni r \text{ блокирует } \lambda} \left(\frac{z_S^r - z^r}{z^r} \right)$$

2. и B – количество коалиций, блокирующих данное состояние экономики λ.

Степень открытости. В рассматриваемой модификации ОМММ открытость экономики характеризуется тем, что внешнеторговые переменные (экспорт и импорт регионов) эндогенны. Функционирование внешнего рынка, характеризующее открытость экономики, представлено в модели

1. ограничением внешнеторгового баланса

$$\sum_{\bar{k},s \in S} g_{\$}^{\bar{k}+} \cdot v^{\bar{k}s} - \sum_{\bar{k},s \in S} g_{\$}^{-\bar{k}} \cdot v^{s\bar{k}} \le -\bar{S}_{\$}$$

2. и верхними границами способов импорта/экспорта

$$H \sum_{s \in S} v^{\bar{k}s} \le \hat{v}^{-\bar{k}}; \quad \tau_v^{+\bar{k}} : H \sum_{s \in S} v^{s\bar{k}} \le \hat{v}^{\bar{k}+}.$$

Таким образом, варьировать открытость мы можем изменяя вектора мировых цен $g_{\$}^{\bar{k}+}$ $g_{\$}^{-\bar{k}}$, и верхние границы способов экспорта-импорта $\hat{v}^{-\bar{k}}$ $\hat{v}^{\bar{k}+}$.

В частности, во-первых, мы можем сделать экономику замкнутой, выставив верхние границы переменных экспорта-импорта на 0. Во-вторых, наиболее интересным кажется эксперимент с варьированием мировых цен. Через цены в модели реализовано такое свойство, как падающая эффективность внешнего рынка (см.описание модели в [5]). Для этого у каждого региона есть несколько способов экспорта и импорта. Каждому способу v_{i_v}[3] соответствует своя цена g_{i_v} и своя растущая по номеру i_v внешняя граница $\hat{v}_{i_v}$[4]. При этом с ростом номера способа импорта цена

[3] *Остальные индексы переменной, кроме индекса способа экспорта, опущены.*
[4] *Остальные индексы переменной, кроме индекса способа импорта, опущены.*

импорта растет, а с ростом номера способа экспорта его цена падает. Это означает, что каждая новая единица внешней торговли может быть реализована по менее выгодной цене (для экспорта по более низкой цене, а для импорта по более высокой). В этом и заключается падающая эффективность внешнего рынка.

Если предположить высокую эластичность мировых цен по объемам внешней торговли, то в модели, начиная с некоторых объемов экспорта и импорта, цена окажется невыгодной. И в результате в оптимальном решении объемы внешней торговли будут невысоки. Если же, наоборот, задать низкую эластичность мировых цен, то в такой модели достаточно большие объемы экспорта-импорта все еще могут быть реализованы по выгодной цене. Таким образом, варьируя параметрами эластичности мировых цен, мы можем задавать условия разной степени доступности внешнего рынка для модельной экономики.

В модельно-программном комплексе ОММИ мировые цены задаются в дискретной шкале, в шести точках. Каждой цене соответствует один из шести способов внешней торговли. Каждый способ внешней торговли характеризуется верхней границей, которая зависит от цены, чем достигается эндогенизация внешней торговли.

Для вариации эластичностью мировых цен в модельно-программный комплекс включены управляющие параметры: 1) множитель на цену первого способа экспорта и импорта и 2) множители, зависящие от номера способа. (см.рис.2)

Параметры управления эластичностью внешнеторговых цен				Множители к способам 1-6				
Импорт				Номер способа				
5	Меню данных	Базовый уровень цен (1 способ)	Общий уровень	2	3	4	5	6
1	Сельское хозяйство	0.034030	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
2	Охота и лесное хозяйство	0.060522	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
3	Рыболовство, рыбоводство	0.030966	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
4	Добыча твердого топлива	0.050949	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
5	Добыча нефти	0.050574	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
6	Добыча газа	0.199864	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
7	Руды черных металлов	0.036527	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
8	Руды цветных металлов	0.036527	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
9	Прочие ископаемые	0.030674	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
10	Пищевая	0.022536	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
11	Легкая	0.027544	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
12	Деревообработка	0.041000	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
13	Целлюлозно-бумажная	0.031760	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
14	Издательство и полиграфия	0.028170	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
15	Кокс	0.030240	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
16	Нефтепродукты	0.032400	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
17	Химические производства	0.025040	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
18	Прочие неметал. минер. продукты	0.029735	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
19	Черные металлы	0.035655	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
20	Цветные металлы	0.041364	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
21	Готовые металлические изделия	0.032960	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
22	Машиностроение (DK., DI, DM)	0.025040	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
23	Прочие производства	0.023475	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368
24	Пр-во и распред-ие электроэнергии	0.043045	1	1.05263	1.10526	1.21053	1.31579	1.47368

Рис. 2 Управляющие параметры эластичностью мировых цен по объемам

Степень эластичности внешней торговли для простоты задана однородной по отраслям. Для экспериментов мы сгенерировали несколько «пучков» управляющих параметров. Каждый пучок соответствует разному множителю на первый способ экспорта импорта, а каждая кривая внутри пучка задает различную степень эластичности. На рисунке 3 высота каждого пучка определяется базовым уровнем цен, а скорость падения цен по мере роста объемов внешней торговли – их эластичностью.

Каждая вариация управляющих параметров кривой мировых цен будет задавать различные по степени открытости внешнего рынка модели экономики. В качестве измерителя степени открытости используем процентное отношение суммарного внешнеторгового оборота (сумма оптимальных значений всех переменных экспорта и импорта) к общесистемному конечному потреблению.

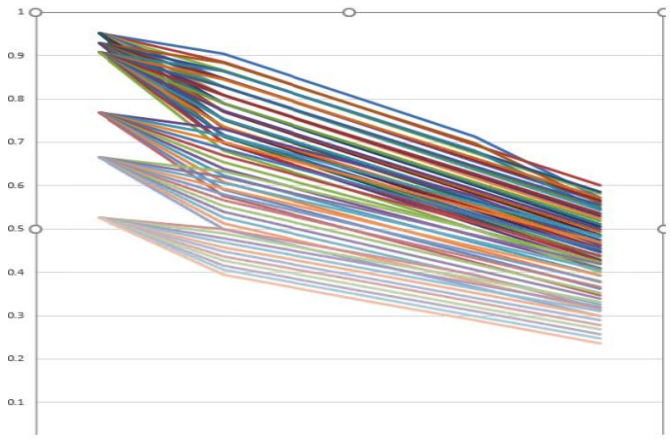


Рис. 3 Вариации управляющих параметров цен экспорта по номеру способа

Численные эксперименты.

В ходе численных экспериментов проверялась следующая гипотеза: открытость межрегиональной системы «расшатывает» ее коалиционную стабильность. Дополнительное поле возможностей, получаемое коалициями регионов на внешнем рынке, усложняет взаимовыгодное внутреннее взаимодействие с остальной системой. Регионам становится сложно найти такой дележ (распределение ресурсов между регионами), в котором единственный взаимовыгодный для всех «коалиционный контракт» – это контракт большой коалиции, то есть такой, в котором участвуют все регионы.

В терминах модели эксперимент сводится к проверке некоторых ожидаемых результатов. Прежде всего, мы ожидаем, что переход от замкнутой системы к открытой уменьшит диаметр ядра – множества неблокируемых состояний.

Далее, при определенном значении параметра открытости вычисленное равновесие может выйти за пределы ядра (может быть заблокировано некоторыми коалициями регионов). Поэтому, следует провести расчет различных приближений Вальрасовского равновесия в экономиках с различной степенью открытости.

И, наконец, с ростом степени открытости мы ожидаем скачкообразный рост степени коалиционной нестабильности. Даже при невысокой степени неравновесности будут возникать большие значения степени блокируемости, в отличие от замкнутой экономики (в которой невысокая степень неравновесности соответствует невысокой блокируемости)

Схема нашего эксперимента состоит из следующих шагов:

1. Фиксируем вариацию управляющих параметров открытости.
    a. Решаем задачу с заданной вариацией параметров; по полученному решению фиксируем степень открытости I (отношение внешнеторгового оборота к конечному потреблению).
    b. Запускаем алгоритм поиска равновесной территориальной структуры λ. Получаем некоторый массив территориальных структур с различной степенью неравновесности Eq.
        i. По каждому вектору территориальной структуры $\lambda(I, Eq)$ запускаем расчет всех коалиций. На выходе по одному вектору территориальной структуры получаем массив из 255 (для 8 регионов имеем $2^8 - 1 = 255$ коалиций) векторов переменных конечного потребления регионов в коалициях S $\left(z^r(I, Eq)\right)_{r \in S}$. Сопоставляя значения этих переменныхв каждой коалиции со значениями из большой коалиции вычисляем две величины:
            - флаг блокирования коалицией данного состояния $\lambda(I, Eq)$– 0 или 1;
            - относительный прирост конечного потребления в коалиции относительно конечного потребления в большой коалиции.
2. На выходе получаем большой массив данных, в котором строки представляют коалиции для разных сочетаний степени открытости и степени неравновесности, а столбцы – значения переменных конечного потреблении, флаг блокируемости и относительный прирост конечного потребеления.

Агрегируем данные результатов расчетов, выявляя зависимость степени блокирования от степени открытости и степени неравновесности, выполняя свертку массива по коалициям. Относительный

прирост конечного потребления агрегируем по функции $max_S(\cdot)$, получая максимальный относительный прирост регионов в блокирующих коалициях. Флаг блокирования агрегируем по $\sum_S(\cdot)$, получая количество блокирующих коалиций. На выходе получается облако точек вида $W_1(Eq), B_1(Eq)$. Каждая точка этого облака – результат решения нескольких сотен оптимизационных задач большой размерности. (см.рис.4)

	Процент блокирующих коалиций (кол-во/255)									
Степень открытости	0,00013%	0,055%	0,594%	2,238%	2,803%	3,093%	14,489%	38,544%	42,446%	(пусто)
0,000%	2,75%							32,16%		
14,000%				32,94%						
18,000%			36,08%							
18,000%						37,25%				
27,000%										38,82%
28,000%					38,82%					
28,000%		21,96%								
29,000%							39,61%		49,41%	

Рис. 4 Пример промежуточного состояния агрегированного массива результатов расчетов

3. По полученным агрегированным массивам восстанавливаем кривые зависимости степени блокируемости (количества блокирующих коалиций и максимального прироста выигрыша в блокирующих коалициях) от степени неравновесности при различных степенях открытости. При этом мы кластеризуем близкие степени открытости, объединяя их в одну кривую и применяем гладкую интерполяцию пропущенных значений.

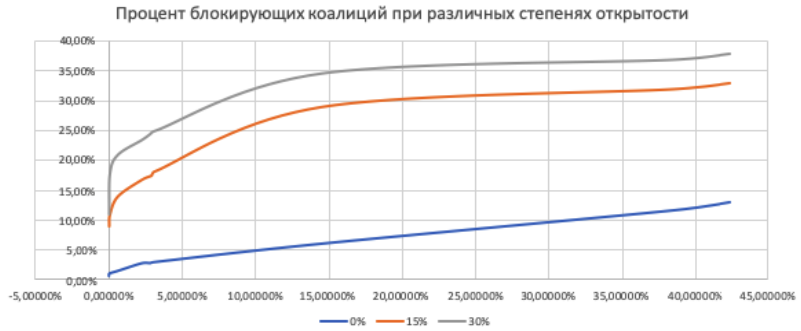


Рис. 5 Изменение характера зависимости при трех различных степенях открытости модели

Наблюдая, как меняется характер кривой при изменении степени открытости (см.рис.5), можно выделить следующие зависимости:

- В замкнутой экономике при росте степени неравновесности состояния модельной экономики метрики его блокируемости плавно растут. Хорошее приближение равновесия (с невязкой в десятитысячных процента) имеет метрики блокируемости, близкие к нулю.
- В случае открытой экономики (15% и 30% степени открытости) высокие значения метрик блокируемости наблюдаются уже «со старта», при минимальной невязке равновесия (алгоритм нашел приближения с невязкой в сотые и десятые доли процента).
- В окрестности нуля наблюдается резкий рост кривых, причем у более открытой экономики (30%) скорость этого роста выше, чем у менее открытой (15%).

Таким образом, наша гипотеза о влиянии открытости на коалиционную устойчивость равновесия подтвердилась. В случае открытых модельных экономик не было найдено ни одного неблокируемого состояния. Это является признаком (но не доказательством) того, при увеличении степени открытости ядро (множество неблокируемых состояний) уменьшается или даже вырождается.

Для перспективы дальнейшего исследования центральным является вопрос «Как с этим работать?». Ранее в исследованиях ИЭОПП по прикладному коалиционному анализу проводился поиск «зоны» ядра - интервалов по территориальной структуре каждого региона, оставляющих состояние неблокируемым. Этот поиск осуществлялся обходом границы Парето, стартующим из точки равновесия (как гарантированно неблокируемого состояния). В случае открытой экономики эта методология требует переосмысления. Например, для коалиционного анализа открытой экономики, можно заменить ядро на ε-ядро, считая «хорошими» состояния, дающие коалициям выигрыш не более заданного наперед значения. Альтернативным путем может быть изменение математической постановки модели, замыкающее экономику. Подобная модификация может быть получена, если

интернализовать внешние рынки, сделав их наряду с регионами «полноправными» субъектами модели, у которых также есть свои интересы и целевая функция.

Литература

1. Васильев В.А., Суслов В.И. Равновесие Эджворта в одной модели межрегиональных экономических отношений // Сибирский журнал индустриальной математики. - 2010. - Т. XIII, № 1. - С. 18-33.

2. В. А. Васильев О существовании вальрасовского равновесия в модели межрегиональных экономических отношений Дискретн. анализ и исслед. опер., 19:4 (2012), 15–34

3.В. А. Васильев, В. И. Суслов, "О неблокируемых состояниях многорегиональных экономических систем", Сиб. журн. индустр. матем., 12:4 (2009), 23–34; J. Appl. Industr. Math., 4:4 (2010), 578–587

4.Суслов В.И. Измерение эффектов межрегиональных взаимодействий: модели, методы, результаты / отв. ред. *А.Г. Гранберг ;* ИЭОПП СО АН СССР. - Новосибирск : Наука. Сиб. отд-е, 1991. - 252 с.

5. Суслов В. И. Многорегиональная модель: реальное значение и современная спецификация // Регион: экономика и социология. – 2011. - № 2. – С. 19-45

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ РАЗВИТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Авдеева З.К., Райков А.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

zinon@mail.ru, alexander.n.raikov@gmail.com,

Бауэр В.П., Сильвестров С.Н., Славин Б.Б.

Финансовый университет при Правительстве РФ, (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский просп., 49

bvp09@mail.ru, silvestrsn@gmail.com, slavinthebest@gmail.com,

Зацаринный А.А., Колин К.К.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН г. Москва, ул. Вавилова, 44/2, Россия

ipiran@ipiran.ru, kolinkk@mail.ru,

Лепский В.Е.

Институт философии РАН, г. Москва, ул. Гончарная, д.12, стр.1, Россия

lepsky@tm-net.ru,

Малинецкий Г.Г.

Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, Москва, Миусская пл., д.4

gmalin@keldysh.ru

Аннотация: Отмечается растущая сложность процессов государственного национального проектирования, планирования, целеполагания и собственно управления. Для поддержки этих процессов в условиях цифровой экономики потенциала классических научных подходов к управлению становится недостаточно. В цифровой экономике известный принцип невозможности автоматизировать хаос заменяется необходимостью управлять хаосом с обеспечением многоуровневого управления проектами с использованием средств и методов искусственного интеллекта (ИИ) и даже элементов искусственного супер-интеллекта (ИСИ). В таких условиях система распределенных ситуационных центров становится уникальным эффективным инструментом для поддержки постановки и достижения стратегических целей. Многое из того, что было сделано в области создания таких центров и в области ИИ, имеет важное значение, однако классический подход к ИИ уже не может охватить различные уровни сознания субъекта управления, в том числе коллективного. Требуется активизация исследования тематики прорывного ситуационного управления. Внимание должно быть сосредоточено на проблеме коллективного принятия решений в условиях абсолютной неопределенности и в непредвиденных ситуациях. При этом приоритет должен быть отдан социально-гуманитарным и коллективным когнитивным аспектам ИИ. В этих условиях ситуационные центры развития и некоторые методы ИСИ становятся основной «сквозной» цифровой технологией для обеспечения достижения стратегических целей государства.

Ключевые слова: искусственный интеллект, проектное управление, рефлексивное управление, ситуационные центры развития, стратегическое управление, целеполагание

Введение

Рассматриваемая проблема лежит в области теории и практики государственного стратегического планирования и проектирования. Сложность этой проблемы настолько велика, что она не может быть эффективно решена классическими методами. Сейчас в реестре федеральной системы стратегического планирования имеется более 130000 документов стратегического планировании, половина из которых более не актуальна. В документах стратегического планирования можно увидеть более 10 национальных проектов, более 40 государственных программ, более 70 федеральных проектов, и еще более региональных и муниципальных проектов. Обработка этих данных не может быть синхронизирована с помощью традиционных логических и вероятностных подходов. Это можно реализовать только средствами цифровизации экономики с привлечением передовых методов искусственного интеллекта (ИИ) и его перспективных версий из области искусственного супер-интеллекта (ИСИ).

Принцип невозможности автоматизировать хаос в условиях цифровой экономики заменяется необходимостью управления в хаотических условиях, при этом требуется многоуровневое управление проектами, что противоречит принципам устойчивости развития при классическом подходе к управлению. В такой ситуации и с учетом плохой предсказуемости социально-экономического и рыночного поведения целесообразно использовать концепцию прорывного ситуационного управления [1]. Этот подход предназначен для работы в непредсказуемых и квантуемых условиях. Для обеспечения устойчивости в таких условиях используются проактивные (рефлексивные) модели и современные механизмы, основанные на методах ИИ, стратегического анализа, конвергентного управления [2], квантовой семантики [3], когнитивного моделирования и природных вычислений. Это помогает обеспечить стабильность поведения систем управления в случае непредвиденных и непреднамеренных изменений среды. При этом формализованная семантика компьютерных моделей и классического ИИ дополняется элементами неформализованной семантики ИСИ, которая косвенным образом имитирует неформализуемые процессы мышления, эмоций, медитации и коллективного бессознательного.

Ведущий инструментарий в этой ситуации—ИИ. Он может помочь навести порядок в государственном стратегическом планировании и управлении. Однако разработка методологического ядра классического ИИ пока в основном опирается на логическую обработку данных, что ограничивает возможности его применения в непредсказуемых, хаотических, некаузальных ситуациях. Классический ИИ не может охватывать всю мощь неформализованной семантики, определяющей психические явления и поведение коллективных стратегических субъектов.

Однако возможности ИИ расширяются и углубляются. Продвинутые подходы к ИИ все глубже проникают в тайны чувственных и эмоциональных слоев человеческого сознания и трансцендентальных способностей человека. Следующее поколение ИИ представлено ИСИ, который предлагает интеллектуальные сервисы, значительно превосходящие человеческий разум почти во всех областях, включая научное творчество, мудрость и социальные навыки [4]. Вместе с тем с появлением ИСИ необходимо обеспечить его безопасность для общества.

1 Особенности целеполагания в новых условиях

Новые условия определяют и новые особенности методологического, институционального и технологического базисов совершенствования управления и целеполагания [1, 5, 6]:

- Отсутствие адекватной среды для стратегического управления;
- Дефицит механизмов консолидации властных структур и общества;
- Гибридный характер реальности (субъектная, цифровая, физическая);
- Средовая необеспеченность сборки и гармонии субъектов развития;
- Отсутствие единой субъектно-ориентированной технологической платформы;
- Невозможность обработки внезапного появления точек разрыва в управлении;
- Фрактальность расширения состава участников стратегического управления;
- Низкий уровеньгражданского участия в процессах управления;
- Неразвитость механизмов сетевой демократии;
- Ситуация в области национального проектирования носит хаотический характер;
- Потребительские характеристики рынка изменяются непредсказуемым образом;
- В процессы моделирования субъект управления вносит неформализуемые данные;
- При моделировании необходим учет не столько логики самой модели, сколько ее формализованных и неформализованных семантик;

- Выбор варианта решения может происходить из бесконечного множества состояний отдельных переменных и модели в целом;
- Допускается изменение состояния модели скачкообразным (квантованным) образом;
- Поведение каждого фактора модели может быть синхронизировано с состоянием внешнего субъекта или объекта, местоположение и функция которого точно не известны;
- Изменения в модели могут носить случайный характер, причем закон распределения вероятности случайных величин может быть неизвестен;
- Внешнее воздействие на развитие ситуации может быть осуществлено непредсказуемым образом.

Учет большинства из перечисленного классическими методами не может быть обеспечен [5].

2 Пост-неклассические методологические ориентиры

Для решения обсуждаемой управленческой проблемы авторами разработана методология основанная на аспектах конвергентного (целенаправленно сходящегося) формирования саморазвивающихся рефлексивно-активных сред [1, 2, 5, 6]. Это закладывает основу для кибернетики третьего порядка. Модель саморазвивающихся рефлексивно-активных сред включает базовые ценности, онтологии, принципы, предметно-ориентированные модели, конвергентный подход, ИИ и др. Эта методология помогает обеспечить устойчивость целенаправленного развития, повысить уровень социальной ответственности всех участников социальных процессов, обеспечить включение общества в государственный контроль и постановку стратегических целей. При таком подходе социальная ответственность распределяется среди наблюдателей и действующих лиц и может быть повышена на всех уровнях государственного управления.

Необходимо создать новые, корректные научные и прикладные области междисциплинарных знаний, чтобы улучшить постановку стратегических целей государства. Должны быть созданы необходимые условия для получения желаемых эффектов, которые могут возникнуть при постановке целей. В области философии акцент должен быть сделан на ее феноменологических и информационных ветвях [7], в то время как в области психологии больше внимания следует уделять когнитивным и конфликтным аспектам. В области социологии необходимо учитывать, что традиционные методы социологических исследований теряют свою надежность. Культурологические исследования отдают приоритет этическим проблемам, а естественные науки все чаще обращаются к механизмам построения кибер-физических систем, непосредственно включающих в себя коллективных стратегических субъектов при решении управленческих проблем.

Должна быть организована разработка двухконтурной системы управления и развития. Первый контур представляет собой уже сформированную систему управления (власть), а второй контур представляет гражданское общество. Второй конур является ведущим в решении задач стратегического целеполагания и стратегического аудита. Второй контур взаимодействует с первым на соответствующих уровнях иерархии. Авторами настоящей работы разработана система онтологий и принципов, которая предназначена для поддержки функционирования такой двухконтурной системы. Эта система состоит из нескольких онтологий, таких как: «разработка», «поддержка», «сопровождение», «строительство», «внедрение» и «инновация» [8]. Субъектно-ориентированная информационная платформа, которая может помочь учитывать особенности саморазвивающейся рефлексивно-активной среды, должна быть разработана в качестве основы для создания постнеклассических технологий из области кибернетики третьего порядка [5]. Основные цели построения такой платформы, следующие:

- создание основы для ускорения получения согласия участников коллективных субъектов относительно целей и путей действий;
- поиск адекватных механизмов для сборки стратегических субъектов развития;
- поддержка планирования и организации совместного развития субъектов;
- стимулирование процессов «идентификации проектов» для коллективных субъектов, созданных в саморазвивающейся среде;
- выявление и мониторинг проблем, угроз и предложений для предметной разработки;
- разработка механизмов использования «мягкой силы» в интересах развития субъекта;
- активизация гражданского участия в государственном управлении;
- предоставление интеллектуальных услуг для повышения качества процессов принятия решений на основе ИИ и ИСИ;
- преодоление «экономического редукционизма» и эгоизма участников интеграционных процессов и т. д.

Структура этой платформы верхнего уровня абстракции показана на рис. 1.

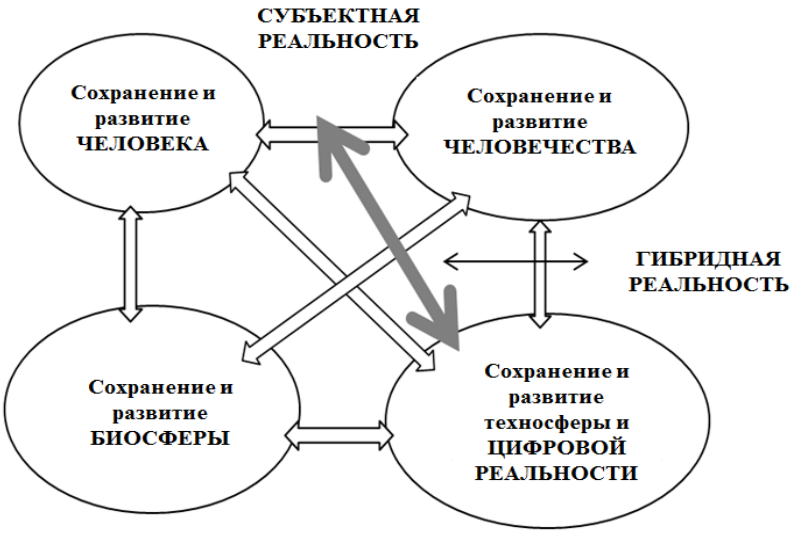


Рис. 1. Структура субъектно-ориентированной информационной платформы

При наличии такой платформы упреждающие (рефлексивные) методы мониторинга и контроля внедряются вместе с методами экспертного мониторинга и контроля. Поскольку эти процессы, очевидно, в целом являются неформализуемыми, построение механизмов поддержки прорывного ситуационного управления заставляет обратиться к комбинации постнеклассических приемов и методов: создания онтологий для саморазвивающихся рефлексивно-активных сред [1, 5, 6], квантовой семантики [3, 9, 10], теории категорий, решения обратных задач в топологических пространствах, управляемой термодинамики, когнитивного моделирования, сетевой экспертизы [11] и ИСИ (Strong AI) [4].

3 Проактивный проектный менеджмент

Проактивное управление способно оценивать будущие сценарии и может генерировать адекватные решения для предотвращения нежелательных событий в будущем. Суть проактивного управления заключается в том, что как объект, так и субъект управления ориентированы на внешнюю среду и пытаются уловить и упредить возникающие в ней тенденции и включить их в вектор входных эффектов, учитываемых при принятии решений.

На основе анализа этих тенденций проектируется управленческое действие с целью внесения изменений в начальные условия функционирования объекта. Это предполагает обязательное включение в систему управления блока, который реализует функцию прогнозирования. Ключевыми принципами построения технологий и систем проактивного управления сложными объектами являются:

- Объектно-ориентированный подход к описанию изучаемой предметной области;
- Сервис-ориентированные технологии для построения систем сбора, обработки и анализа информации и распространения знаний;
- Учет и предвосхищение всего возможного спектра изменения входных параметров для обеспечения состояния готовности системы управления к любым неожиданностям;
- Организационное, информационное и функциональное единство в рамках информационного пространства и единой субъектно-ориентированной информационной платформы, построенной на основе интегрированной модели данных, информации и знаний, и учитывающей включение в систему управления коллективного субъекта;
- Технологии распределенной разработки проектных решений и баз знаний с непосредственным участием экспертов (аналитиков) и инженеров в концептуальном и логическом проектировании, ориентированных на упомянутую выше онтологию, включая построение сценариев интеллектуальной оперативно-аналитической обработки информации и принятия решений на основе принципа «программирование без программирования»;
- Имитационно-аналитический и экспертно-аналитический комплекс с широким спектром моделей, баз знаний и методов организации коллективных процессов принятия решений;
- Подход с открытым исходным кодом, отсутствие роялти для иностранных производителей и кроссплатформенная поддержка.

В настоящее время упреждающее управление всесторонне внедряется в финансовом секторе, управлении производством и сложных технических системах, экономике, бизнесе и других сферах деятельности.

4 Ситуационное гражданское участие

Прошло время, когда управление крупным проектом, таким как запуск человека в космос или создание атомной промышленности в России, могло быть осуществлено относительно небольшой группой видных ученых и практиков, ставящих соответствующие задачи для институтов и производственных компаний. Сегодня национальные проекты могут быть реализованы только при участии большого количества специалистов, которые имеют право принимать определенные решения в пределах своих полномочий, а также с участием и учетом мнения гражданского общества.

Одна из проблем с реализацией глобальных проектов в современную эпоху заключается в том, что организация технологий работы меняется быстрее, чем могут быть достигнуты цели проектов. Требуются новые принципы управления глобальными проектами в условиях интенсивного манипулирования общественным сознанием, предполагающие совершенно новый подход к реализации и мониторингу таких проектов.

В последние годы все чаще обсуждается возможность использования краудсорсинговых технологий для мониторинга целей устойчивого развития, но до сих пор это в основном ограничивалось практическими природоохранными проектами. Однако краудсорсинговые технологии могут выявить только последствия проблем, а не сами проблемы, и не могут напрямую использоваться для выявления проблем в очень сложных проектах.

Гражданский контроль за реализацией национальных проектов может быть организован на основе цифровых технологий коллективного интеллекта (ТКИ). Краудсорсинговые технологии должны быть ограничены только с точки зрения подтверждения потребностей и результатов национальных проектов, а также контроля точности выполнения алгоритмов распределения работ и ресурсов. Гражданский контроль с использованием ТКИ позволит системе управления национальными проектами быть гибкой, эффективной и адаптированной к изменяющимся социально-политическим условиям.

Процессы гражданского контроля, как правило, сильно отличаются друг от друга, так как как, когда очень большое количество людей вовлечено в процесс, появляется очень много различных мнений. Для обеспечения ускоренного согласования мнений в различных группах можно использовать конвергентный подход [2]. Этот подход обеспечивает необходимые условия для такого структурирования процессов обсуждения информации, которое позволяет ускорить процессы принятия решений в рамках группы и сделать эти процессы более устойчивыми и целенаправленными. Конвергентный подход построен на основан учета фундаментальных законов социологии и биологии, физики и математики, теории решения обратных задач, термодинамики, квантовой семантики, когнитивного моделирования, анализа больших данных, генетических алгоритмов, ИИ и ИСИ. Применение этого подхода может быть интегрировано с использованием сетевых экспертных технологий [11].

5 Ситуационные центры развития

Создание в рамках реализации Стратегии национальной безопасности России системы распределенных ситуационных центров (СРСЦ) направлено на обеспечение быстрого реагирования на возникающие ситуации и принятие адекватных решений. Это основано на углубленном мониторинге условий и разработке всесторонне обоснованных рекомендаций для принятия решений с использованием технологий ИИ и ИСИ. В то же время преобразование СРСЦ в систему ситуационных центров развития (СЦР) в виде высокоэффективного инструмента в системе принятия государственных решений в настоящее время представляется логичным и своевременным [1, 8]. Однако уровень готовности правительства и общества все еще недостаточен для внедрения и использования СЦР. В этих условиях выдвигается проблема приоритетности проведения исследований, внедрения новшеств науки и развития образования, направленных на формирование новой интеллектуальной и идеологической культуры государственного управления.

Перспективные исследования проводятся в области философии информации и философских проблем информатики в России, Китае, США и странах Западной Европы [7]. В результате появились новые научные направления, такие как «информационные культурологические исследования», «информационная антропология», «информационная этика» и «информационная эстетика». Дальнейшее развитие и интеграция информационной философии с другими областями науки могут

стать основой для формирования более целостной картины мира и научной элиты интеллектуальных лидеров, адекватных для этого.

Заключение

Ввиду высокой изменчивости технологической среды и неустойчивости социально-политического дискурса, реализация процессов государственного стратегического целеполагания и управления невозможна без подключения к контролю этих процессов со стороны гражданского общества. Такой контроль не должен ограничиваться только краудсорсингом, который нельзя использовать в качестве оценки. Здесь требуются сетевые технологии ИИ, ИСИ и коллективного интеллекта.

Пост-неклассические инструменты поддержки целеполагания в среде СРСЦ, включая ИИ и ИСИ, как показала практика применения отдельных из их, например, элементов ИСИ, позволяют существенно ускорить процессы поддержки решений [12]. Так, продвинутая сетевая экспертная процедура позволяет синхронизировать проведение одновременно нескольких десятков фокус-групп с выработкой проекта стратегии действий некоторой отрасли буквально за несколько часов [11]. Вместе с тем, риски роста опасности для социума в связи с развитием таких технологий, особенно ИИ и АСИ, могут быть достаточно высокими, что требует особого внимания власти, ученых и общества к построению и соблюдению соответствующих морально-этических принципов.

Из-за высокой изменчивости технологической среды и нестабильности общественно-политического дискурса реализация постановки государственных стратегических целей и стратегического государственного управления невозможна без вовлечения гражданского общества. Этот контроль не должен ограничиваться краудсорсингом, который нельзя использовать для рейтингования решений. Такой контроль требует использования сетевых технологий, включающих коллективный интеллект и ИИ.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 17-18-01326, РФФИ.

Литература

1. Lepskiy V.E., Avdeeva Z.K., and Raikov A.N., Disruptive situation management in digital economy, Eleventh International Conference on Management of Large-Scale System Development (MLSD'2018), October 1-3, 2018, ICS RAS, Moscow, Russia, pp. 1–4, 2018. https://doi.org/10.1109/MLSD.2018.8551949

2. Raikov A., Accelerating technology for self-organising networked democracy, Futures, vol. 103, pp. 17–26, October 2018. https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.03.015.

3. Dalela A., Quantum Meaning: A Semantic Interpretation of Quantum Theory. Shabda Press, Kindle Edition, 2012.

N. Bostrom, Superintelligence: paths, dangers, strategies, 2014.
https://en.wikipedia.org/wiki/Superintelligence:_Paths,_Dangers,_Strategies (accessed 03.06.2019).

4. V. Lepskiy, "Evolution of cybernetics: philosophical and methodological analysis," Kybernetes, vol. 47, issue 2, pp. 249–261, 2018. https://doi.org/10.1108/K-03-2017-0120

5. Umpleby S., Medvedeva T., and Lepskiy V., Recent developments in cybernetics, from cognition to social systems," Cybernetics and systems," vol. 50, no. 4, pp. 367–382, 2019.

6. Kolin K.K., Information Philosophy: The Structure of Reality and the Phenomenon of Information, Metaphysics, No. 4. P. 61-84, 2013 (in Russian)

7. Avdeeva Z.K., Baryshnikov P.Y., Ilyin N.I., Kolin K.K., Lepskiy V.E., Malinetsky G.G., Raikov A.N., Saveliev A.M., Silvestrov S.N., Slavin A.B., Slavin B.B., Zatsarinny A.A., and Zhurenkov D.A., "Strategic goal setting in situational development centers," V.E. Lepsky and A.N. Raikova, Eds. Moscow: Kogito-Center, 2018 (in Russian).

8. Atmanspacher H., Quantum approaches to brain and mind. An overview with representative examples, in: The Blackwell Companion to Consciousness. S. Schneider and M. Velmans, Eds., pp. 298–313. John Wiley & Sons Ltd., 2017. doi: 10.1002/9781119132363.ch21

9. Raikov A., Convergent networked decision-making using group insights, Complex & Intelligent Systems, vol. 1, no. 1, pp. 57–68, December 2015. doi 10.1007/s40747-016-0005-9

10. Gubanov D., Korgin N., Novikov D., and Raikov A., E-Expertise: Modern Collective Intelligence. Springer. Series: Studies in Computational Intelligence, Vol. 558, 2014, XVIII, 112 p.

11. Ilyin N., Malinetsky G., Kolin K., Zatsarinny A., Raikov A., Lepskiy V., and Slavin B., Distributed situational centres system of cutting edge development," Tenth International Conference on Management of Large-Scale System Development (MLSD'2017), 2–4 Oct. 2017.doi: 10.1109/MLSD.2017.8109638

ВИТАСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ БЕСКОНФЛИКТНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Алакоз Г.М., Пляскота С.И.

АНО «Секция «Инженерные проблемы стабильности и конверсии»
Российской инженерной академии»
Россия, г. Москва, Газетный пер., дом 9, стр.4
gen1nor2@gmail.com, plyasser@gmail.com,

Аюпов А.И.

Филиал ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого»
г. Москва, ул. Поликарпова д. 23А, а/я 483
abrek-han@mail.ru,

Кутахов В.П.

ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского»,
г. Москва, ул. Викторенко, д.7
vpkutahov@mail.ru

Аннотация: рассматривается витасистемный подход к созданию систем «искусственного» интеллекта, основанных на структурно-параметрическом методе преобразования и хранения информации, адекватном основным принципам функционирования «естественного» интеллекта и способствующем устранению антагонистических конфликтов между естественным и искусственным компонентами систем управления аэрокосмическими комплексами.

Ключевые слова: витасистемный подход, авиастроение, искусственный интеллект, структурно-параметрический метод, PD-ассоциативные вычислительные структур.

Введение

«Глобальная цифровизация» и чрезмерное проникновение систем «искусственного интеллекта» во все сферы человеческой деятельности требуют более четкого установления границ между «искусственным» (произведенным человеком) и «естественным» (произведенным Природой) и уже не с чисто философских, а с прикладных, *управленческих* позиций развития методов и средств *инженерного творчества*, результаты которого уже стали неотъемлемой частью нашей экосистемы, оказывая на нее ощутимое негативное влияние.

Актуальность этой задачи вытекает из доклада Министерства обороны Великобритании «Стратегический контекст будущего» [1], где достаточно объективно оценены последствия освоения нанотехнологий, не реализуемых без компьютерных функционалов, которые сейчас принято называть «искусственным интеллектом». Этот документ определяет базовые реперы технологического форсайта в кибернетике, промышленности, медицине, геронтологии, сельском хозяйстве, экологии и прочих социально значимых стратах.

В частности, в материалах доклада отмечается, что «…*в кибернетике* максимально сблизятся возможности «естественного» и «искусственного» интеллектов за счет освоения нейроподобных вычислительных технологий на белковых аппаратных платформах», а в сфере освоения *космоса* констатируется возможность «... подготовки с помощью нанороботов околоземного пространства для заселения человеком».

Успех решения этих задач во многом зависит от качества установления границы между «искусственным» и «естественным» интеллектом, для чего необходимо:

- создать объединяющую, а не противопоставляющую «живое» и «неживое» *редукционную модель*, в которой масс-энергетические и информационные процессы неразрывно связаны между собой, а в качестве «элементов» выступают (под)системы с «меньшим» уровнем структурно-функциональной сложности;
- перейти к *экстенсиональным методам и средствам оценки результатов* той или иной формы деятельности, которые позволяют «соизмерить несоизмеримое» и «сопоставить несопоставимое», так как они опираются на оценку «вклада» фактора произвольной физической, биологической, психофизиологической и социальной природы в целевой функционал человеко-машинной системы.

Такая *редукционная* в своей основе *модель* получила название *витасистемы* [2] и она исходит из следующих интуитивно понятных положений:

а) *редукция* служит базовым механизмом структуризации материальных объектов и процессов их взаимодействия, начиная с неживой природы, где «атомизация» разнородных элементарных частиц позволяет их разделить на «структурные» и «функционально значимые» [3];

б) не обязательно, чтобы в качестве «элемента» выступала (под)система из «ближайшего» уровня структурно-функциональной сложности материальных процессов и объектов;

в) смешение в одной системе элементов, принадлежащих различным уровням иерархии, начиная с квантового и заканчивая (зоо)социальным, является атрибутом витасистем, где главное активное и целеполагающее звено сосредоточено в живой компоненте.

Редукционные механизмы наиболее полно представлены в иммунных системах многоклеточных, которую поддерживают, в том числе, бактерии и микроорганизмы [4]. При этом редукция кардинально снижает размерность задач управления взаимодействием «элементарных» частиц, а само управление осуществляется на *принципах различимости* управляемых объектов, поддерживаемых их *специфическими свойствами* [3], что не исключает возможность создания и использования «однородных» структур и систем, функционирующих по статистическим законам, как это имеет место в диссипативных структурах [5].

Аэрокосмические компоненты глобальных информационных систем, поддерживающих жизненно важные функции современного общества, такие как экомониторинг, связь, управление природными и военными ресурсами и т.п., уже стали неотъемлемой частью «среды» нашего обитания, функционируют относительно автономно, в режиме реального времени и экономически окупаемы при «времени жизни», превышающем 7–10 лет.

В результате вычислительные технологии и поддерживающий их «искусственный интеллект» объективно становятся одним из главных источников возникновения угроз «неправильного» функционирования крупномасштабных систем поддержки жизнедеятельности человечества, причем эти угрозы возникают как в процессе их эксплуатации, так и закладываются в них при проектировании, что обусловлено недостаточным знанием предметной области, представленной абстрактными моделями, и плохой прогнозируемостью последствий информационных сбоев и аппаратных отказов, влияющих на целевой функционал всей системы.

Цель доклада: раскрыть источники *непреднамеренного негативного влияния* «искусственного интеллекта» аэрокосмических компонент глобальных информационных систем на жизненно важные функции человеческой деятельности.

1 Основные особенности витасистемного подхода к управлению развитием глобальных информационных систем

Чтобы достичь поставленную выше цель, потребовалось разработать соответствующий *витасистемный подход* [2], который сформировался на стыке шести научных направлений, имеющих глубокие российские корни: учения о ноосфере В.И. Вернадского [6], теории функциональных систем П.К. Анохина [7], теории активных систем (В.Н. Бурков, Новиков Д.А. [8]), теории крупномасштабных систем (Васильев С.Н., Цвиркун А.Д. [9]) и теории межотраслевого баланса В.В. Леонтьева [10].

Предметом теории витасистем являются *взаимосодействия* объектов и процессов живой и неживой природы, что вынуждает дополнить традиционное понятие «система» плохо формализуемыми компонентами такими, как собственные потребности, знания, умения и навыки, носителями которых являются люди (а в широком смысле – любые живые организмы), принимающие решения в условиях ограниченных энергетических, материальных и временны̀х ресурсов, доступных на различных уровнях существования витасистем.

При этом редукционный характер механизмов формирования, функционирования и утилизации витасистем, а также смешение в одной системе элементов, принадлежащих различным уровням иерархии, начиная с квантового и заканчивая (зоо)социальным, потребовало дополнить пространственно-временно̀й континуум, характерный для компонент физического уровня организации, *триединством* материально-энергетических и информационных взаимосодействий [2], которые оцениваются экстенсионально, то есть по *вкладу* каждой компоненты, участвующей в формировании и поддержании полного жизненного цикла системы.

Такая постановка задачи:

- вытекает из трансдисциплинарного характера управления *всем многообразием ресурсов* естественной и искусственной природы, задействованных в удовлетворении потребностей человека и общества, в том числе – в задачах освоения воздушной среды и космоса;
- призвана «совместить несовместимое» и «(со)измерить не(со)измеримое», что явно не укладывается в каноны классических научных представлений;

- исходит из того, что теория *управления* «*развитием*» должна строиться на принципе самоприменимости, характерном для эволюции природы, где каждая предыдущая фаза служит «материальной основой и инструментарием» перехода к следующей фазе.

Базовые положения теории витасистем находится и в тренде развития современной физики, где уже предпринимаются попытки к обоснованному введению информационной компоненты в общую парадигму построения Вселенной [11].

В контексте устранения угроз безопасности функционирования глобальных информационных систем важно, что витасистемный подход обеспечивает сбалансированное развитие системы любого вида и на всех стадиях их жизненного цикла, включая и утилизацию «искусственного» (противоестественного) продукта, который априори несет в себе угрозу коэволюции [12], так как у окружающей природы нет механизмов его *направленной деструкции*.

Понятия «искусственного» и «естественного» знакомо человечеству более двух с половиной веков. Так, например, Аристотель [13] (в современной терминологии):

- ввел понятие генетических и эпигенетических путей *инструктированного синтеза* «более сложного» из «менее сложного»: так как «начала изготовления» могут находиться «либо в другом и вовне …, либо … становятся причиной для самих себя»;
- предопределил появление понятия «условной причинности», когда переход системы из одного состояния в другое основан не на прямых масс-энергетических взаимодействиях, как это имеет место в «безусловной причинности», а опосредован некоторой «информацией», что имеет место в условных рефлексах, где вспышка света стимулирует выделение слюны у «собаки Павлова» только при определенном комплексе (лабораторных) условий;
- провел *познавательную разницу* между процессами производства и эксплуатации создаваемых человеком технических систем, в рамках которых роль информации кардинально разнится;
- определил соотношение между «познаваемым» и «познающим», согласно которому в процессе познания человек проходит путь «… от более понятного и явного для нас к более явному и понятному по природе: ведь не одно и то же понятное для нас и [понятное] вообще. Поэтому необходимо продвигаться именно таким образом: от менее явного по природе, а для нас более явного к более явному и понятному по природе».

В таком контексте:

- *инженерное творчество* не заканчивается познавательной и эстетической составляющей «созерцательного» типа, традиционной для фундаментальных наук, включая и их интеграцию в рамках конвергентных технологий;
- фаза *материализации знаний* априори считается неизбежной со всеми свойственными ей противоречиями и всевозрастающими рисками, как для окружающей природы, так и для самого человека.
- внутренним движителем развития служит противоречие между творческой составляющей, которая имеет характер «эврики», и необходимостью *управления творческим процессом в технике*, который отталкивается от *абстрактных представлений предметной области* и который должен завершиться в заданные сроки и с заранее заданным качеством, проверяемым и подтверждаемым на этапе приемо-сдаточных испытаний по совокупности объективно измеряемых и/или наблюдаемых параметров.

2 Соотношение абстрактного и предметного мышления в инженерном творчестве

Переход к квантовым компьютерам усугубляет теневую пока еще для инженерной практики проблему выбора *уровня абстракции* описания исходных и результирующих материальных процессов, которыми руководствуется сам разработчик. Если в инженерной практике ситуация, требующая учета «субъективных» знаний и опыта разработчика, сложилась только в последние годы, то для квантового физика она уже давно стала типичной [11], хотя сама проблема признается далеко не всеми физиками.

В математике под *абстракцией* понимают [14]: «… мысленное отвлечение, представляющее собой существенную составную часть мыслительной деятельности, направленной на формирование основных математических понятий».

В результате акта «чистой» абстракции происходит переход от «частного» и, как правило, натурно подтвержденного к «общему» понятию, которое выражено с помощью «общепризнанных» языковых средств. Такой переход неизбежен при любой формализации и состоит в том, что при взаимодействии с реальными объектами мы их *отличаем* «по существенным» в данный момент

времени и в данном рассмотрении признакам и считаем их *идентичными* по «несущественным» признакам. Фактически в «чистой» абстракции используется как ассоциация «по сходству» несущественных признаков, так и ассоциация «по отличию» существенных для нас *в данный момент времени и в данном рассмотрении* признаков.

Для теории вычислений и вычислительной техники важно, что используемая в них «чистая» абстракция (ограниченные последовательности условных «нулей» и «единиц») фактически предопределяет выбор признаков, по которым определяется сходство и отличие преобразуемых объектов. При этом, как ни странно, но лежащая в основе этих дисциплин *идентичность* определяется по второстепенным и «несущественным» признакам, а *отличие*, используемое даже при простейшем подсчете или перечислении идентичных объектов, опирается на «существенные» признаки, причем если таковые по тем или иным причинам отсутствуют у рассматриваемых объектов, то они им навязываются с помощью *нумерации* (*индексации*), которая по предположению не изменяет ни разбиение свойств на «существенные» и «не существенные», ни численные значения самих этих свойств.

Любая идеализация потенциально способна привести к «иллюзиям», что чревато потерей адекватности взаимоотношений с внешней средой, регулируемых «искусственным интеллектом». Источником «иллюзорности», в частности, служит одна из центральных проблем вычислительной техники, которая связана с неизбежным совмещением в вычислительном процессе *конечных и бесконечных* числовых и/или символьных последовательностей. Пока эта проблема решается с помощью *идеализации* в форме *абстракции актуальной бесконечности* [14], которая состоит в *умозрительном представлении* нигде и никогда не завершающегося и не обрывающегося *конструктивного процесса* порождения объектов определенного типа *его воображаемым результатом*, то есть множеством или совокупностью всех порождаемых им объектов уже как бы готовых и пригодных к рассмотрению. В частности, в теории вычислений и в вычислительной технике, отталкиваясь от процесса последовательного порождения «натуральных чисел» 0,1,2,..., приходят к актуально бесконечному объекту – «натуральному ряду», который в дальнейшем выступает в качестве объекта, *экстенсионально равноправного* с составляющими его натуральными числами.

В более сложных случаях аналогичной процедуре подвергаются «процессы» существенно более сложных типов, в результате чего объектами рассмотрения становятся актуально бесконечные множества элементов произвольной природы, рассматриваемые как отдельные абстрактные понятия.

С позиций инженерного творчества «чистая» абстракция в вычислительной технике оказывает прямое влияние на выбор реальных физико-технических процессов, задавая разбиение всех его измеряемых параметров на «существенные», то есть используемые для вычислений и поэтому управляемые, и «не существенные», то есть поддерживаемые контурами физической и схемотехнической стабилизации, которые инженер (в отличие от математика!) должен предусмотреть, разработать и включить в состав создаваемого изделия, оговорив в инструкциях по эксплуатации еще и диапазон внешних воздействующих факторов, гарантирующих устойчивость такого разбиения.

Для современного этапа развития вычислительной техники характерно кардинальное изменение не только принципов и методов организации вычислений и выбор направлений ее развития, но и наших *представлений* о принципах и механизмах работы мозга, а значит и соотношений «искусственного» и «естественного» в интеллектуальной деятельности человека, где компьютерные технологии и используемые в них абстрактные модели стали базовым инструментом извлечения самих знаний о предметной области. Поэтому адекватность абстрактной модели и представляемой ею предметной области предопределяет не только успех познавательной деятельности, как это имело место, например, с бозоном Хиггса, но и служит источником потенциальных угроз в глобальных приложениях, ряд из которых имеют непосредственное отношение к обеспечению безопасности в авиационно-космической сфере.

Отправным пунктом любой формализации служит переход от «предметного» к «абстрактному», общую схему которого разработал еще И.М. Сеченов [15], из работ которого можно заключить:

а) соотношение «искусственного» и «естественного» в интеллектуальной деятельности человека в первую очередь необходимо рассматривать с позиций перехода от бессловесной предметной «мысли», которая свойственна не только человеку, к *абстрактной по своей сути*, словесно выраженной и представляющей первую, *словесной мысли*, что уже само по себе является *высшей в эволюционном смысле абстракцией*;

б) многообразие физических, молекулярно-биологических, (нейро)физиологических, психологических и социальных процессов, которые можно использовать при переходе от бессловесной предметной мысли к абстрактной словесной, настолько велико и сугубо индивидуально для каждой особи или группы особей, что к ним можно предъявить только одно требование – мысли, как членораздельной группе, должны соответствовать «*членораздельное чувственное впечатление, в котором представлены чувственно не только эквиваленты подлежащего и сказуемого, но и эквивалент связки* (курсив И.М. Сеченова [15])».

Ясно, что без выполнения этих достаточно общих требований термин «искусственный интеллект» будет носить и, к сожалению, уже носит спекулятивный не только в научном, но и в повседневном смысле характер, что согласно приведенным выше данным чревато потерей *адекватности восприятия* и, как следствие, взаимоотношений с окружающим нас миром.

2 Особенности материальных процессов поддержки «искусственного» и «естественного» интеллектов

В самом широком смысле под «искусственным» интеллектом подразумеваются компьютерные технологии извлечения, материализации, хранения и передачи информации и знаний, а в более узком – нейроподобные компьютерные технологии, основанные на ставших уже каноническими моделях *формальных нейронов* Мак-Каллока-Питтса [16] и Ф. Розенблатта [17], учитывающих только факторы, которые влияют на «спайковую» электрофизиологическую активность реальных нейронов. В большинстве случаев практической реализации формальных нейронов используются классические твердотельные и оптоэлектронные технологии, которые базируются на переходных физико-технических процессах между двумя устойчивыми состояниями, а не на *циклических* в своей основе молекулярно-биологических и нейрохимических механизмах поддержки (в первую очередь!) *жизнедеятельности* структур мозга.

Современные сторонники «искусственного» интеллекта, сохраняя переключательную парадигму, фактически идут по стопам К. Прибрама [18], который в основу «особой нейронной организации» положил *голографический принцип.*

И в традиционных моделях формальных нейронов, и в голографических моделях К. Прибрама не учитывается тот факт, что даже в простейших одноклеточных организмах *клеточная мембрана* выступает не как пороговая преграда в масс-энергетическом и информационном обмене с внешней средой, а как *гибридный физико-биологический субстрат*, который не только сохранил *безусловные и градиентные* в своей основе *физические механизмы*, но и дополнил их *условными и избирательными биологическими механизмами* такого обмена.

Действительно, для безусловной пространственной диффузии массы и распространения энергии в упорядоченных и неупорядоченных физических средах достаточно градиента плотности вещества и или разности потенциалов, в то время как в биологических средах любое взаимодействие *всегда* зависимо от ряда условий, делающих это взаимодействие *сингулярным* не только по результату, но и по комплексу условий его осуществления.

Такие сингулярные механизмы позволяют использовать:

- двунаправленную и избирательную диффузию биологической и физической массы *через* гибридную в своей основе мембрану (с возможной предварительной деструкцией субстрата и, как минимум, с неизбежным конформационным его преобразованием) не только с целью поддержания «внутреннего» масс-энергетического баланса, но и с целью информационного обмена, не нарушающего этот баланс;
- мембрану как гибридный физико-биологический субстрат-посредник (интерфейс, буферная среда) для двунаправленного и избирательного распространения *возмущений* с *трансляцией модальностей и трансформаций пространственно-временны́х форматов*, что является необходимым условием поддержки гомеостатичных внутренних масс-энергетических и информационных взаимодействий.

Приведенные особенности функционирования нейрональных и субнейрональных структур мозга позволяют рассматривать нейроны не как «черные ящики», включаемые в структуры поддержки функций коммутации и памяти, а как специфический биологический субстрат поддержки *интегративной деятельности*, благодаря тому, что «… процесс трансформации возбуждения не только не останавливается на субсинаптической мембране, но и активно развивается в постсинаптической цитоплазме, контактируя с различными органеллами дендрида [19]».

В результате автору идеи интегративной деятельности отдельных нейронов академику П.К. Анохину и его ученикам и последователям еще в 70-х годах прошлого века [19,20] удалось

описать широкий спектр нейрохимических и нейрофизиологических механизмов *конвергентного замыкания условных рефлексов*, причем само «замыкание», проявляющееся в установлении биологически значимой для целостного организма *условной причинной связи между стимулом и реакцией* поддерживается двунаправленным масс-энергетическим и информационным обменом во внутри нейрональных и собственно нейрональных структурах. Именно благодаря такой интегративной деятельности отдельных (конвергентных) нейронов ранее индифферентный раздражитель становится биологически значимым [3].

Во всех этих и последующих исследованиях под интегративной деятельностью нейрона понимается [19,20] *переработка разнокачественной информации*, а включение нейрона в общую деятельность определенной функциональной системы, ведущую к достижению полезного результата, неизбежно приводит *к ограничению степеней его свободы*, что в физических терминах можно интерпретировать как *сингулярное* «*сужение*» *симметрии* пространства возможных состояний.

Если принять во внимание, что работа «искусственного» интеллекта прямо или косвенно описывается в булевом операционном базисе, как при компьютерной, так и при нейрокомпьютерной аппаратной поддержке, то в такой интерпретации степеней свободы нейрона нет ничего необычного, так как согласно [21]:

а) механизмы реализации любой булевой функции представимы соответствующими элементами симметрической группы преобразований;

б) любая «специализация» *универсального* логического модуля, настраиваемого на произвольную булеву функцию из некоторого класса, трансформирует его в *многофункциональный* логический модуль, которые реализует только часть булевых функций универсального.

Отсюда и следует, что включение нейрона в ту или иную функциональную деятельность целостного организма неизбежно сопряжено с наложением ограничений на «степени его свободы» по П.К. Анохину [19], а значит и на его *потенциальные функциональные возможности* за счет введения диссимметрии в механизмы его функционирования.

В [3] показано:

- с увеличением структурно-функциональной сложности используемого масс-энергетического субстрата и получаемого на его основе «булевого» продукта происходит накопление сингулярностей по отношению к первообразной коммутационной функции. Иными словами – чем сложнее структура, тем больше она накопила «исключений из правил»;
- в создание потенциала «степеней свободы» вносит вклад не только количество и диапазон изменения измеряемых или «наблюдаемых» величин, используемых в управлении нейрохимическими и молекулярно-биологическими реакциями, но и *соотношения* между ними;
- изменение правил функционирования универсальных логических модулей за счет изменения соотношений между наблюдаемыми параметрами метаболических процессов нейронов не обязательно сопровождается нарушением условий их гомеостатичности, которая оценивается по интегральным, а не дифференциальным показателям;
- чтобы задействовать в информационных процессах потенциал «соотношений», необходимо классические методы и механизмы кодирования информации дополнить методами и механизмами, основанными на *сравнении* (сопоставлении) измеряемых параметров, которые по своей природе могут быть *разнокачественными* и в определенном роде «бессмысленными», но информационно полезными (не путать с *разномодальностью* сигналов, которые могут использоваться для «представления» одного и того же субстрата или процесса!).

Таким образом, на основе приведенных особенностей предметной области, используемой для реализации «искусственного» и «естественного» интеллекта, можно заключить.

1. Если функционирование «искусственного» интеллекта поддерживается переходными твердотельными или оптоэлектронными процессами между двумя устойчивыми состояниями, то функционирование «естественного» интеллекта может поддерживаться и, скорее всего, поддерживается молекулярно-биологическими и нейрохимическими процессами, в которых изменяются *дифференциальные соотношения* между наблюдаемыми параметрами и остаются неизменными интегральные параметры, характеризующие устойчивость метаболических процессов. При этом изменения соотношений могут носить кратковременный характер.

2. Проявление собственной непрерывной и «спайковой» электрофизиологической «активности» нейронов гарантированно служит *индикатором* происходящих в них структурно-функциональных изменений, в то время как собственно преобразования информации могут осуществляться на основе *раздражимости* нервной ткани, создавая *скрытый* от нас *вычислительный потенциал*, который никак не проявляется и не может проявиться в наблюдаемых электрофизиологических параметрах.

Особенности российской импортонезависимой вычислительной технологии на основе ассоциативной памяти с взаимодействующими ячейками

Проблема использования потенциала скрытых вычислений, использующих факторы кратковременного изменения соотношений в том числе и между «бессмысленными» сочетаниями параметров, никак не влияющих на устойчивость метаболических процессов нейронов, во многом сходна с коллапсом волновой функции в квантовой механике с той разницей, что ее можно разрешить, используя характерные для всего живого и потому эволюционно самые ранние *структурно-параметрические методы* хранения и преобразования информации, *инвариантные* физической, молекулярно-биологической или нейрохимической природе материальных носителей информации [22].

Структурно-параметрический метод хранения и преобразования информации [22]:

- исходит не из традиционной «числовой», а из теоретико-множественной интерпретации работы *интеллектуальных машин*, предложенной С.Н. Корсаковым еще в девятнадцатом веке [23];
- основан на формально-логических ***PD***[5]*-ассоциативных вычислительных конструкциях*, в которых один из операндов *управляет синтезом* вычислительной структуры, изменяющей свой состав и схему взаимодействий элементов по требованиям активизированной (поток)инструкции;
- исходит из того, что *в реальных условиях* один из обрабатываемых операндов *кодируется структурой* используемого материального субстрата (составом элементов и *устойчивыми* гальваническими, физико-химическими или молекулярно-биологическими связями), а второй *– параметрами возбуждающих, но неразрушающих* субстрат *сигналов*.

Распространение свойственного всему живому структурно-параметрического метода хранения и преобразования информации на системы «искусственного» интеллекта влечет за собой следующие системотехнические последствия для последних [24]:

1. Критичная для (сверх)параллельных вычислительных систем централизованная или распределенная система *инициализации* потоков инструкций заменяется *локальными средствами инструктированного синтеза* параметрически адаптируемых и функционально неразличимых операционных и коммутационных устройств, а также устройств памяти, структура которых зависит от содержимого одного из обрабатываемых операндов.

2. Процессы «производства» и эксплуатации реальных ***PD***-ассоциативных структур *совмещаются во времени и пространстве*, что кардинальным образом изменяет требования к *эксплуатационной гигиене*, которая должна поддерживаться *управляемыми деструктивными процессами и полупроницаемыми мембранами*. В совокупности они призваны обеспечить *избирательный обмен* с «внешней» средой не только исходным субстратом и нерелевантным продуктом, но и избыточной или дефицитной энергией.

3. *Процессы локализации, идентификации и парирования отказов*, свойственные высоконадежным вычислителям, заменяются *принудительной регенерацией* структур с заранее заданным «временем жизни».

4. *Деструктивные* процессы в материальном носителе информации становятся составной частью процесса (ре)генерации распределенных, функционально полиморфных ***PD***-ассоциативных структур. Поэтому они должны быть либо *подконтрольными*, либо *инструктированными*, как во временной, так и в структурно-функциональной плоскости. Фактически речь идет о *конструктивной и деструктивной фазе единого процесса инструктированного синтеза* гетероструктур в системах *полуоткрытого типа*.

5. *Алгоритмы синтеза и термальный состав* материального субстрата образуют взаимозависимый и неделимый абстрактно-логический и материальный комплекс, *интерпретирующий в теоретико-групповом представлении* функционал инициализированной (поток)инструкции.

6. Распределенные ***PD***-ассоциативные структуры сохраняют свойственный сосредоточенным программируемым операционным устройствам *структурно-функциональный полиморфизм* и делают его зависимым не только от содержимого потокового операнда, но и от «паразитных» внешних воздействий.

7. Из классической архитектуры ЭВМ исключаются сосредоточенные операционные, коммутационные и управляющие устройства и вся обработка потоков данных переносится в

[5] *Здесь и далее аббревиатура **PD** отражает зависимость микропрограммной вычислительной конструкции (**P** –programm) от содержимого одного из преобразуемых операндов (**D** – data).*

структурно адаптируемую ***PD****-ассоциативную память инструкций с микрокомандным или вентильным уровнем доступа и реконструкции*, что соответствует идеалу технологии «процессоров в памяти» (*PIM – processor in memory*), исследуемых для нужд перспективных супер-ЭВМ, где согласно [25] одним из главных источников снижения пропускной способности на 1–2 порядка служит подсистема обмена информацией «процессор–память».

Все приведенные выше базовые парадигмы структурно-параметрического метода заимствованы из нейрохимических и молекулярно-биологических принципов и методов преобразования информации в живом и реализованы в твердотельном исполнении, которое апробировано в аэрокосмических приложениях с наиболее жесткими требованиями по удельной производительности, массо-габаритам, отказоустойчивости и отказобезопасности [24].

Раскроем потенциал такого научно-технического решения на конкретных примерах.

Высокую структурно-функциональную адаптивность ***PD***-ассоциативных вычислительных конструкций [22] иллюстрирует рисунок 1, где представлены топологические схемы вычислительных структур на ячейках ассоциативной памяти с произвольно коммутируемыми по горизонтали и вертикали ячейками [24]. Схемы работают в последовательной конвейерной арифметике, а «младшие» разряды преобразуемых и результирующих данных на временны̀х диаграммах интерпретируются, начиная слева.

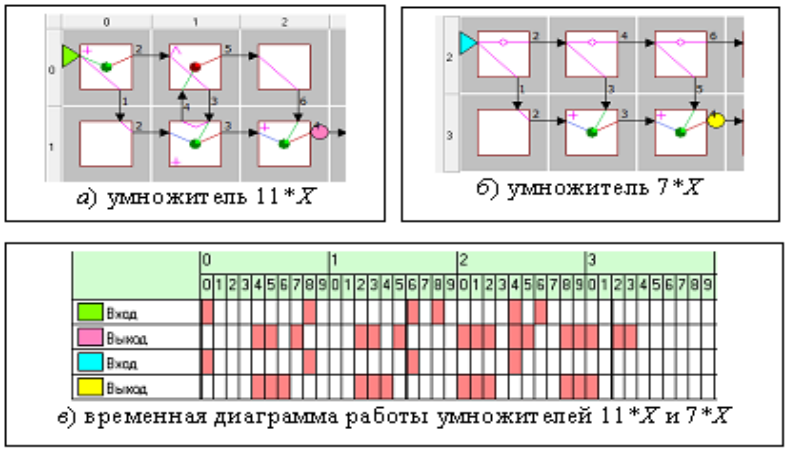
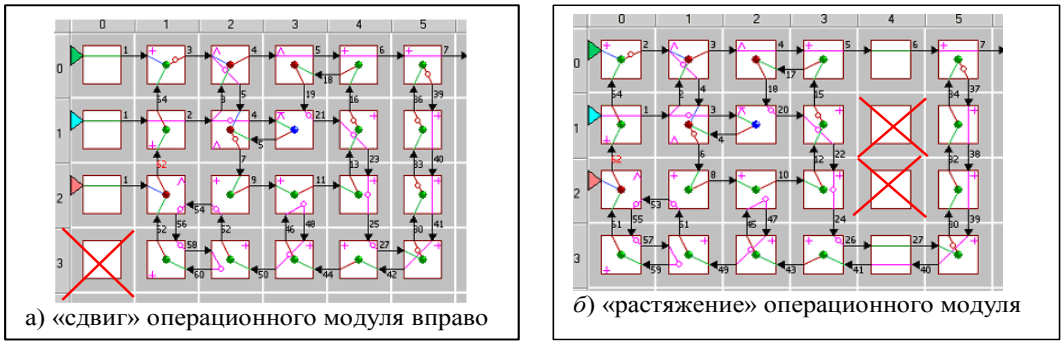


Рис. 1. Топологические схемы и временная диаграмма работы PD-ассоциативных умножителей

Из рисунка видно, что в ***PD***-ассоциативных вычислительных конструкциях используется базовый для адаптации всего живого принцип выделения «более простой» функции из «более сложной». Действительно, схемы 1-*а* и 1-*б* реализуют одну и ту же «более сложную» функцию $F(A,X) = A*\langle X\rangle$, в которой скалярный операнд $A=const$ содержится в структуре соответствующего операционного модуля, определяя его сугубо индивидуальную топологию, а содержимое потокового операнда $\langle X\rangle$ задает реально реализуемую «вычислительную» функцию: «хранение *A*», если $\langle X=1000.0000\rangle$, и «умножение *A***X*», если $X=var$.

Эффект парирования отказов не за счет подстановки «горячего» резерва, как это имеет место в классических системах, а за счет толерантного переразмещения заданий ячейкам ассоциативной памяти иллюстрирует рисунок 2. В [26] показано, что такими методами и средствами при некратном (30–40)-процентном аппаратном резерве с вероятностью 0,7–0,8 можно *в темпе близком к реальному времени* парировать порядка 27–30 отказов, возникающих в ячейках ассоциативной памяти, что практически на порядок превосходит возможности схем классического мажоритарного резервирования.



а) «сдвиг» операционного модуля вправо

б) «растяжение» операционного модуля

Рис. 2. Преобразования топологии микропрограммных модулей на ячейках ассоциативной памяти

Высокая динамика генерации ***PD****-ассоциативных вычислительных конструкций* позволяет осуществить преобразование потоков данных в *криптографическом операционном базисе* (таблица 1), что недостижимо в других современных вычислительных технологиях. Обусловлено это тем, что в таких конструкциях, как и во всей живой природе, оперируют не *числами*, а *символами*, и поэтому с их помощью, как и в любой памяти, можно осуществить *произвольную посимвольную подстановку*, отвечающую требованиям произвольной операции, выполняемой над зашифрованными данными.

Таблица 1. Правила посимвольной подстановки при выполнении операции сложения

Открытый символ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Закрытый символ	**4**	**6**	**0**	**2**	**9**	**7**	**1**	**5**	**3**	**8**
Открытый формат	0235 + 0846 = 1081									
Шаг 1	$x_1^1 = 5, x_1^2 = 6, e = 0 \Rightarrow \{\Sigma^1=1, e^+=1\}$									
Шаг 2	$x_2^1 = 3, x_2^2 = 4, e = 1 \Rightarrow \{\Sigma^2=8, e^+=0\}$									
Шаг 3	$x_3^1 = 2, x_3^2 = 8, e = 0 \Rightarrow \{\Sigma^3=0, e^+=1\}$									
Шаг 4	$x_4^1=0, x_4^2=0, e=1 \Rightarrow \{\Sigma^4=1, stop\}$									
Закрытый формат	**4027 + 4391 = 6436**									
Шаг 1	$x_1^1=7, x_1^2=1, e=0 \Rightarrow \{\Sigma^1=\mathbf{6}, e^+=1\}$									
Шаг 2	$x_2^1=2, x_2^2=9, e=1 \Rightarrow \{\Sigma^2=\mathbf{3}, e^+=0\}$									
Шаг 3	$x_3^1=0, x_3^2=3, e=0 \Rightarrow \{\Sigma^3=\mathbf{4}, e^+=1\}$									
Шаг 4	$x_4^1=4, x_4^2=4, e=1 \Rightarrow \{\Sigma^4=\mathbf{6}, stop\}$									

Эффект роста удельной производительности, как одного из главных показателей качества работы систем «искусственного» интеллекта можно получить не только за счет более совершенных конструктивно-технологических решений разработки и изготовления электронной компонентной базы и аппаратуры, но и за счет динамически перераспределяемого (в зависимости от решаемой задачи) однородного аппаратного ресурса между функциями хранения, передачи и преобразования потоков данных, что иллюстрирует рисунок 3.

На этом рисунке приведены эмпирические данные реализации алгоритма хэширования по стандарту *SHA*-256 на:

- ***PD***-ассоциативной памяти (СБИС АП – КМОП-технология с нормами 90 *нм*),
- процессоре НТЦ «Модуль» МС-121 (65 *нм*),

- клеточном процессор *CELL PowerXCell* 8*i* фирм *Sony*, *Toshiba* и *IBM* (45 *нм*),
- из которых видно, что более близкий по организации вычислений к реальным нейронам процессор хэширования на ***PD***-ассоциативной памяти отыгрывает 2–3 технологических поколения у процессора *CELL PowerXCell* 8*i* за счет более высокой структурно-функциональной адаптивности к требованиям алгоритма.

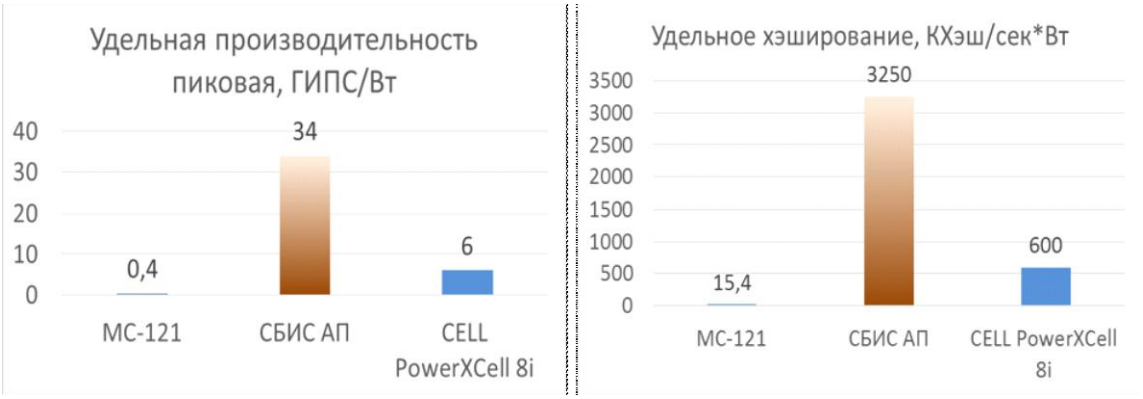


Рис. 3. Показатели удельной производительности изделий из разных «технологически» поколений

Структурно-параметрический метод хранения и преобразования информации позволяет отказаться от базовой для полупроводниковой электроники «переключательной» парадигмы «проводник-изолятор» и перейти к аналоговой в своей основе «сенситивной» парадигме и соответствующей ей логике сенситизации, оперирующей «пониженной», «повышенной» и «нейтральной» чувствительностью [27].

В схеме рисунка 4 интегративная функция реализуется ассоциативным селектором, «предоставляющим право прохождения» на выход либо одной из сенситизированных переменных, либо их композиции, сформированной по правилу «монтажного ИЛИ».

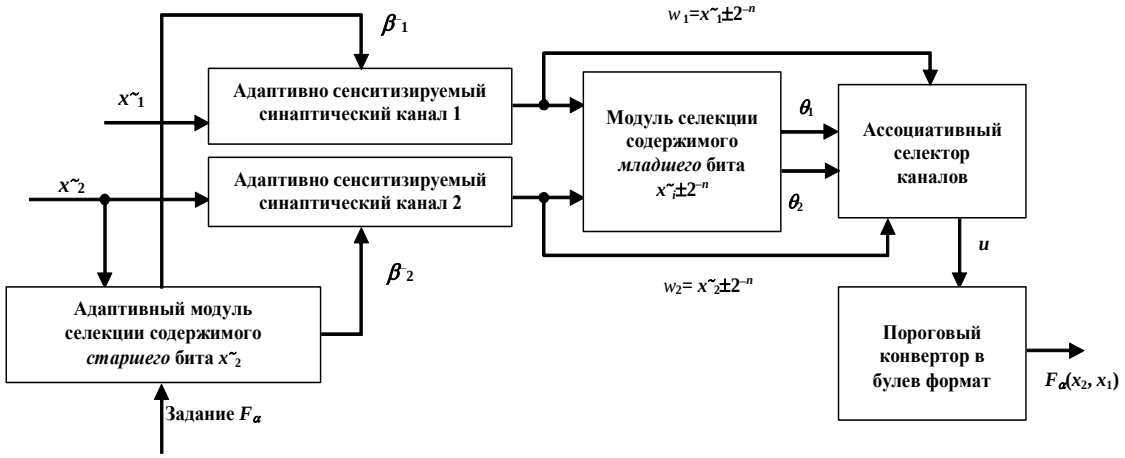


Рис. 4. Функциональная схема работы адаптивно сенситизируемых постсинаптических каналов

Эта схема работает следующим образом. По содержимому старших разрядов аналоговой входной переменной x_2 формируются две переменные β_1 и β_2, которые управляют чувствительностью соответствующих («постсинаптических») каналов распространения входных переменных x_1 и x_2. Выходу этих каналов соответствует «субъективное» представление входных переменных вида $w_1=x_1\pm2^{-n}$ и $w_2= x_2\pm2^{-n}$, из которых формируется ассоциативная «маска» (θ_1,θ_2). Эта «маска» управляет *правилом отбора* значения из пары (w_1,w_2), которое и поступает на пороговый конвертор, где и вырабатывается выходная бинарная реакция, отвечающая таблице истинности булевой функции $F_\alpha(x_2, x_1)$.

Из приведенных данных видно:

1. Схема рисунка 4 в полной мере отвечает аналого-цифровой парадигме К. Прибрама [18] с тем уточнением, что физиологическое «возбуждение-торможение» в ней реализуется не через модуляцию проходного сопротивления постсинаптических каналов, а модуляцией их чувствительности.

2. Расширение сфер использования «искусственного» интеллекта в тех масштабах, которые определены «стратегическим контекстом будущего» [1], может быть осуществлено и, скорее всего, будет осуществляться не только за счет конструктивно-технологического совершенствования производства компонентной базы и аппаратуры, но и за счет заимствования принципов, методов и средств преобразования информации на основе *функциональной* (преобразующей) *памяти*, апробированных «естественным» интеллектом.

3. Реализовать глобальные программы «интеллектуализации» нашей жизни без учета масс-энергетического и информационного триединства, практически невозможно, так как для этого требуется освоить широкий спектр методов и средств инструктированного синтеза материалов с заранее заданными свойствами и пространственными формами, исследованием которых в мире занимаются уже около полувека [28].

Главная особенность витасистемного похода к триединству масс-энергетических и информационных процессов определяется тем фактом, что каждый бит информации, циркулирующей в любой системе, имеет постоянно изменяющуюся масс-энергетическую «ценность» и масс-энергетическое представительство, а найти фундаментальные соотношения и зафиксировать раз и навсегда однозначное соответствие между информацией и эквивалентной ей формообразующей и системообразующей «силой» весьма затруднительно и, скорее всего, невозможно [29], так как это соответствие проявляется каждый раз в сложных и изменчивых условиях неразрывного взаимодействия организма человека с окружающей его физической и социальной средой. Это приводит к необходимости использования *контекстно-зависимых* для каждой системы и условий ее использования «грамматик», которые и составляют ядро «искусственного» интеллекта, используемого при проектировании и эксплуатации каждой витасистемы.

Такая неоднозначность между информацией и эквивалентной ей формообразующей и системообразующей «силой», и не только в живом, служит одним из главных и подтвержденных практикой эксплуатации аэрокосмических систем источников *конфликтов* между «искусственным» и «естественным» интеллектами.

Предотвратить появление в витасистемах подобного рода конфликтов возможно только в каждом конкретном случае, а не в общем виде, так как все витасистемы по сути являются *развивающимися*. В [30] показано, что в биологических объектах (субъектах) *внутренним мобилизационным источником развития* является *конфликт*, «энергия» которого расходуется двояко:

- на считывание и пользование генетической инструкции, зафиксированной в геноме, и значительно предопределяющей индивидуальный ход внутренних процессов организма на различных уровнях их организации: от молекулярного до психофизиологического и личностного;
- на «оживление» для субъекта самых разнообразных (ранее безразличных) раздражителей и событий во внешней среде.

Пока неясно, каким образом аккумулируется внутренняя «энергия» конфликта, но уже понятно, что в силу меняющейся под ее воздействием « … «впечатлительности» конфликт-индуцированных или конфликт-содержащих доминант в организме обеспечивается «вектор» постоянного «функционального развития» и самосовершенствования субъекта, которые лимитированы лишь сроками его биологической жизни [30]».

Напротив, исследователям средств вычислительной техники [31] удалось пока представить машину Тьюринга только как «самовоспроизводящийся» автомат, который трудно признать *развивающимся*, так как такой автомат не способен самостоятельно разрешить «гёделевское противоречие», расширив лежащую в его основе формальную систему.

Заключения и выводы

Подтвержденная практикой логика развития систем «искусственного» и «естественного» интеллектов, говорит о том, что их необходимо рассматривать как единый *витасистемный конгломерат*, в котором «искусственный» интеллект пока еще остается проблемно-ориентированным и требующим выполнения определенных правил пользования компьютерным продуктом, «заимствованным» у другого «естественного» интеллекта с сугубо индивидуальным путем развития от предметного мышления к абстрактному. Поэтому источником *неизбежных для любого развития неспровоцированных конфликтов* может выступать как каждая компонента этого конгломерата, так и *нелинейные* и плохо формализуемые *отношения* между ними, что при неоправданном широком распространении «искусственного» интеллекта на все сферы человеческой деятельности служит дополнительным опосредованным источником *доминирования* заимствуемого, а еще хуже навязываемого социальной среде «естественного» интеллекта.

Для современного этапа развития такого витасистемного конгломерата характерно все возрастающее проникновение в «искусственный» интеллект принципов и методов хранения, передачи и преобразования информации, используемых в «естественном» интеллекте, что неизбежно сопряжено с «сужением» многообразия используемых материальных процессов либо до сугубо физических, либо до биохимических, где произведенные *in vitro* белки объективно обладают существенно ограниченным циклом репродуктивного воспроизводства, что существенно ограничивает и «время жизни» системы, и ее отказоустойчивость, и отказобезопасность.

Проведенный анализ материальных и формально-логических источников возникновения *неспровоцированных конфликтов* в гибридных системах «искусственного» и «естественного» интеллекта, входящих в единый витасистемный комплекс, позволяет выделить в качестве главных следующие.

1. Неидентичность материальных процессов хранения, передачи и преобразования информации, которая выражается в том, что в «искусственном» интеллекте доминируют взаимодействия, основанные на «безусловной причинности», а в «естественном» доминирует условная и потому контекстно-зависимая причинность, используемая как естественный *семантический фильтр* для всевозможного рода «паразитных» взаимодействий, идентифицируемых по бинарному признаку «осмысленный-бессмысленный».

2. Противоположная направленность хронологии естественной эволюции, определяемая фазами роста структурно-функциональной и морфофункциональной сложности исходного субстрата, и хронологии нашего познания, которое продолжает носить существенно фрагментарный и гетерохронный характер, чревато появлением иллюзорных причинных связей и не учетом реально существующих, что подтверждено практикой создания и использования аэрокосмических систем.

3. (Полу)открытость живых систем, функционирующих за счет *избирательного обмена* с внешней средой массой, энергией и информацией и развивающихся на принципах *самоприменимости*, сопряжена с появлением противоречий «гёделевского типа», которые неразрешимы «собственными» методами и средствами любой формальной теории. Поэтому возложение ряда функций «заимствованного» «естественного» интеллекта на «искусственный» чревато появлением «смертельных объятий» и потерей управления глобальными информационными системами.

Литература

1. Development, Concepts and Doctrine Centre (DCDC)/UK Ministry of Defence, "Strategic Trends Programme. Global Strategic Trends – Out To 2040," London, 2010. [Online]. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/33717/GST4_v9_Feb10.pdf

2. Алакоз Г.М., Аюпов А.И., Пляскота С.И. и др. Витасистемы: модели инженерного творчества / Под ред. Г.М.Алакоза – М.: «Дашков и К°», 2015 – 448 с.

3. Алакоз Г.М., Добротворский А.С., Котов А.В., Пляскота С.И., Саломатов А.А., Шерстнев В.В. Сингулярность как неотъемлемое свойство базовых механизмов синтеза и функционирования атомарных, молекулярно-биологических и нейрохимических вычислительных структур //Нейрокомпьютеры: разработка и применение, из-во «Радиотехника», 2017, 7, с. 9-20.

4. Микробиом человека – «новая эра» в понимании микрофлоры http://propionis.ru/mikrobim-cheloveka

5. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах /Пер. с англ.: –М.: Мир,1979–280с.

6. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере //Из архива В.И. Вернадского: http://vernadsky.lib.ru/e-texts/archive/noos.html

7. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., Медицина, 1968 – 546 с.

8. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: Синтег, 1999.– 128с.

9. Васильев С.Н., Цвиркун А.Д. и др. Управление развитием крупномасштабных систем/ Под ред. А.Д.Цвиркуна – М.: Физматлит, 2012 – 496 с.

10. Леонтьев В. и др. Исследования структуры американской экономики (1953) / Пер. с англ. А. С. Игнатьева под ред. А. А. Конюса. - М.: Госстатиздат, 1958. — 640 с.

11. Менский М.Б. Концепция сознания в контексте квантовой механики. //УФН, т.175, №4, с. 413–435.

12. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1969.

13. Аристотель. Сочинения. В 4 т. (Серия «Философское наследие»). Т. 3. Физика / Пер. В. П. Карпова /Ред и вступ. ст. И. Д. Рожанского. М.: Мысль, 1981.

14. Математическая энциклопедия: «Сов. энциклопедия», т.1, 1977, с.43

15. Сеченов И.М. О предметном мышлении с физиологической точки зрения //Избранные философские и психологические произведения: – М.: Государственное издательство политической литературы, 1947, с.375–384.

16. Мак-Каллок У.С., Питтс У. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности //Автоматы. /Пер. с англ. – М., ИЛ.–1956, с.362–384.

17. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. /Пер. с англ. – М., Мир, 1965.
18. Прибрам К. Языки мозга: Экспериментальные парадоксы и принципы нейропсихологии. /Пер. с англ. Я. Н. Даниловой и Е. Д. Хомской под ред. действительного члена АПН СССР А. Р. Лурия. Из-во «Прогресс», Москва, 1975.
19. Анохин П.К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона и понятие о его степенях свободы //Системный анализ интегративной деятельности нейрона /Под ред. П.К. Анохина. – М.: «Наука», 1974, с. 3–10.
20. Косицын Н.С. Структурные аспекты интегративной деятельности нейронов. //Системный анализ интегративной деятельности нейрона /Под ред. П.К. Анохина. –М.: «Наука», 1974, с. 142–150.
21. Алакоз Г.М., Саломатов А.А. Теоретико-групповая модель формального нейрона // Автоматика и вычислительная техника, №4, 2007, с. 138–149.
22.Алакоз Г.М. Структурно-параметрический метод хранения и преобразования информации в молекулярной биологии и супрамолекулярной вычислительной технике. //Нейрокомпьютеры: разработка и применение, из-во «Радиотехника», 2007, № 5, с. 54–61 и № 7, с. 51–65.
23. Михайлов А.С. Теоретико-множественная интерпретация работы интеллектуальных машин С.Н. Корсакова //Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 8, 2015, с. 65–73.
24. А*лакоз Г.М., Курак М.В., Котов А.В., Сериков А.П., Попов А.А.* Вычислительные наноструктуры. Задачи, модели, структуры. Том (часть) 1. – «Программно-аппаратные платформы» /Лаборатория знаний. Интернет-Университет Информационных Технологий – М.: ИНТУИТ, 2009.
25. Elliott D., Stumm M., Snelgrove W. M., Cojocaru C., McKenzie R. Computational RAM: Implementing Processors in Memory, //IEEE Design and Test of Computers, vol. 16, № 1, 1999, pp. 32–41.
26.А лакоз Г.М., Коллеганов М.М., Шурман В.А. Оценка отказоустойчивости системы взаимодиагностики бит-потоковых субпроцессоров аэрокосмических вычислительных комплексов //Авиакосмическое приборостроение, №6, 2010, с.25–34.
27. Алакоз Г.М., Добротворский А.С., Котов А.В., Пляскота С.И., Замолодчикова Т.С., Шерстнев В.В. Логика синаптической сенситизации как дополнение пороговой логики управления интегративной деятельностью нейронов. //Нейрокомпьютеры: разработка и применение, №2, 2018, с.3-12
28."ERATO/ Strategic Basic Research Programs 2013-2014/ Mission statement of ERATO," Japan Science and Technology Agency, 2013. [Online]. http://www.jst.go.jp/erato/en/erato_en.pdf 38 pp.
29. Алакоз Г.М., Котов А.В., Лосева Т.Н. Информационные аспекты психосоматических взаимодействий. Психофизиологический и квантовый базис информационных процессов. //Нейрокомпьютеры: разработка и применение. Из-во «радиотехника», №12, 2013, с.3-15.
30. Котов А.В., Алакоз Г.М. Конфликт как критическая фаза функционального развития живых и сложных кибернетических систем //Тр. научн. совета по эксп. и прикл. физиологии «Системный подход в физиологии», 2004. Т.12. с. 167–186.
31. Аптер М. Кибернетика и развитие: Пер. с англ.– М.: Мир, 1970.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Баранов В.В.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
Россия, г. Москва, пер. Малый Харитоньевский, д.4
baranov.37@mail.ru

Аннотация: Формируются концепция, аксиоматика и конструктивный аппарат устойчивого управляемого развития социальной среды, Устойчивость связывается с разрешимостью конфликтов устойчивым компромиссом.

Ключевые слова: коллектив, среда, ценности, интересы, иерархия, управление, конфликт, компромисс, справедливость, гармония интересов, устойчивость.

Введение

Проблема развития является ключевой для общества. Однако не создана теория управляемого развития. Причиной тому являются ее трудности, возникающие уже при определении понятия «управляемого развития», предполагающего управляемый переход от достигнутого качества среды существования к новому. Условия такого перехода определяются интересами общества и объективными процессами деградации материального мира. Но представления о качестве субъективны и определяются имманентным эгоцентризмом субъектов, порождающим конфликты интересов и ценностей при формировании управляющих решений. В этих условиях формализация и решение проблемы управления развитием нуждается в объективном системном подходе и

фундаментальных основаниях. Концепция такого подхода в предположении равноправных интересов предложена в [1– 6]. Здесь она дополняется и распространяется на условия иерархии интересов.

1 Концепция и аксиоматика управления развитием

1.1 Содержательные основания системной концепции управления развитием

Развитие мотивировано интересами общества и его субъектов. Реализация интересов нуждается в конструктивных средствах, обладающих адекватным потенциалом возможностей. Средства реализации подвержены старению, их потенциалы деградации. Процесс деградации является стохастическим марковским с обрывающимися траекториями. Время до обрыва определяет ресурс актуальной жизни средств. Старение и деградация порождают необходимость управления реализацией интересов, обновления средств и развития их потенциала.

Управление осуществляется в социальной среде, являющейся носителем ценностей коллективного существования и свойств, определяющих внешние условия управления.

Имманентный эгоцентризм субъектов индуцирует конфликты интересов и ценностей. Среда реагирует на управление деградацией свойств и девальвацией ценностей. Деградация среды обнаруживается агрессивными событиями, останавливающими процесс управления. Эти свойства определяют *рефлексивную* среду. Она может быть внутренней и глобальной.

Процессы деградации средств и среды мотивируют кооперацию и объединение субъектов для реализации интересов в настоящем и будущем. Отсюда следует определение системы.

Определение 1. Коалиция субъектов, объединенных по общим ценностям и возможностям для управления процессами реализации интересов и развития потенциала средств в настоящем и будущем, является *системой управления развитием*.

В рамках этого содержательного определения требуется сформулировать проблему. Для этого необходимо сформировать структуру процесса управления и формальные постановки задач.

Структура процесса управления определяется двумя аспектами условий: *ценностными* и *мотивированными интересами*. Ценностные условия определяются ценностями объединения в систему, которые фиксированы во времени и предполагают коллективный выбор альтернатив. Условия, мотивированные интересам, определяются объективными процессами деградации материального мира и среды, которые являются стохастическими марковскими, и субъективными предпочтениями, порождаемыми имманентным эгоцентризмом субъектов и взаимной зависимостью интересов. В совокупности эти условия определяют процесс управления со структурой марковского процесса коллективных решений. Его конкретная структура определяется ценностями объединения в систему и интересами коалиции, которые различны. Поэтому структурные конфигурации процессов различны, и их однозначное определение априори не возможно. Однако можно указать условия осуществимости процесса управления, из которых следуют базовые объекты, позволяющие сформировать структуру процесса управления для любой конфигурации системы.

1.2 Аксиоматика осуществимости управляемого развития во внутренней среде

При любой структурной конфигурации системы необходимым условием осуществимости развития является *целостность* системы по условиям создания. Угрозы нарушения целостности возникают в моменты обрывов потенциала и конфликтов, останавливающих процесс. Условия сохранения целостности определяются аксиоматикой осуществимости и устойчивости процесса.

$\mathcal{A}1$. Необходимым условием осуществимости процесса управления является «*производство пользы*», определяющей целевой ресурс возможностей реализации интересов по всем их аспектам.

$\mathcal{A}2$. В условиях старения и деградации средств «производства» необходимым условием осуществимости процесса управления является *восстановление потенциала* средств.

$\mathcal{A}3$. В условиях случайности моментов обрывов потенциала необходимым условием осуществимости процесса управления является *планирование ресурса актуального использования* средств по условиям *риска обрыва потенциала.*

$\mathcal{A}4$. В условиях старения и деградации средств необходимым условием осуществимости *развития* является стратегическое *обновление* средств, обеспечивающее *развитие потенциала*.

$\mathcal{A}5$. В условиях конфликтов интересов и ценностей необходимым условием *устойчивости* управляемого развития является *кооперация* и *формирование управляющих решений* по условиям *устойчивых компромиссов*, обеспечивающих продолжение процесса управления.

$\mathcal{A}6$. В неопределенностях процессов деградации потенциала и среды необходимым условием осуществимости управляемого развития является формирование управляющих решений этапами *планирования* и *реального управления* (по условиям *устойчивых компромиссов*).

1.3 Структура интересов системы

Аксиоматика ориентирована на управление реализацией интересов по условиям сохранения целостности системы, осуществимости и устойчивости развития. Подобная ориентация предполагает *иерархическую структуру интересов* системы следующего содержания и порядка доминирования.

Общесистемные: стратегическое целеполагание, формирование общесистемных условий и ограничений, ориентированных на сохранение целостности системы и осуществимость развития.

Стратегические: формирование условий стратегического обновления и политики развития.

Локальные: реализация интересов по базовым аспектам: «производство пользы», восстановление потенциала, планирование актуального ресурса потенциала, обновление средств по условиям стратегического развития и другим смежным аспектам индивидуальных интересов.

2 Структурные конфигурации систем управления

Мотивация объединения коалиции субъектов в систему определяется ценностями коллективного существования (*экзистенциальными*), структурой интересов и возможностями их реализации. Экзистенциальные ценности индуцируют *актуальные ценности*, из которых следуют условия и аксиоматика выбора альтернатив управления. Типовые особенности и различия подобных объектов определяют следующие базовые конфигурации систем.

2.1 Моно-система: единственный субъект с индивидуальными интересами и средствами их реализации с базой условий управления: $M=\{S, A, Q(t, S \mid S \times A), u(A)(S)\}$, где $S \div$ множество состояний, $A \div$ множество альтернатив, $Q(\cdot) \div$ переходная функция, $u(\cdot) \div$ функция полезности.

Моно-система является «вырожденной» в среде коллективного существования. Однако субъект имеет индивидуальные интересы и право самому управлять их реализацией. В подобных условиях система имеет структуру объектов управляемого марковского процесса [7].

2.2 Либеральная конфедерация. Коалиция K субъектов, объединенных в систему общими стратегическими интересами с множеством альтернатив B, экзистенциальными ценностями: *свобода, равноправие, суверенитет*; актуальными ценностями: *коллективный выбор альтернатив*; *свобода выбора*, *свобода индивидуальных предпочтений*, *консенсус, независимость от посторонних альтернатив*.

База условий выбора $\mathbf{I} = \{K, B, \ \succ^j, j \in K\}$, где $\succ^j$ – индивидуальные предпочтения.

2.3 Либеральная демократия. Отличается от либеральной конфедерации дополнительной актуальной ценностью: демократические процедуры выбора по условиям большинства.

2.4 Справедливая конфедерация. Коалиция K субъектов с индивидуальными интересами, объединенных в систему экзистенциальными ценностями (*свобода*, *равноправие, справедливость*), общими стратегическими интересами с множеством альтернатив B и актуальными ценностями: *справедливость коллективного выбора*, *консенсус, независимость от посторонних альтернатив*.

База условий выбора $\mathbf{H} = \{K, B, \mu^j(B), j \in K\}$, где $\mu^j(B)$ – индивидуальные критерии полезности с одинаковыми шкалами измерения.

2.5 Унитарная коммуна. Коалиция K субъектов, объединенных в систему экзистенциальными ценностями: *свобода*, *равенство*, *братство* (французской коммуны); актуальными ценностями: *общее стратегическое условие*, *общие средства реализации интересов*, *равноправие*, *свобода выбора*, *индивидуальные альтернативы* и *предпочтения, кооперация синергии*, *консенсус*.

База условий управления

$$\mathbf{M}(b) = \{K, b, (A^i, i \in K), S, Q(t, S \mid S \underset{i \in K}{\times} A^i; b), u^i(A^i \mid \underset{j \in K \setminus i}{\times} A^j; b), i \in K\},$$

где b – общее стратегическое условие; $S = [0,1] \subset R^1_+$ – множество состояний потенциала; $A^i, i \in K$ – индивидуальные множества альтернатив; $Q(\cdot)$ – переходная функция управляемого процесса; $u^i(\cdot), i \in K$ – функции полезности индивидуальных альтернатив с *разными шкалами измерения*;

2.6 Безусловная коммуна. Коалиция K субъектов с ценностями унитарной коммуны, иерархия интересов с общим множеством стратегическими альтернатив B и критерием их полезности, общие актуальные ценности, кооперация синергии.

База условий управления

$$\mathbf{M}(B) = \{K, B, S, (A^i_b, i \in K; b \in B), Q(t, S \mid S \underset{i \in K}{\times} A^i; B), u^i(A^i \mid \underset{j \in K \setminus i}{\times} A^j; B), i \in K; \ \mu(B \mid \underset{i \in K}{\times} A^i) \in R^1\},$$

где S – множество состояний; $A_b^i, i \in K$ – множества локальных альтернатив при условии $b \in B$; $Q(\cdot)$ – переходная функция процесса; $u^i(\cdot), i \in K$ – функции полезности локальных альтернатив с *разными шкалами измерения*; $\mu(B \mid \cdot) \in R^1$ – критерий полезности стратегических альтернатив.

2.7 ***Федерация***. Коалиция N подсистем (коммун), объединенных в систему экзистенциальными ценностям: *свобода*, *равноправие, справедливость*; общими стратегическими интересами с множеством альтернатив B, и актуальными ценностями: *равенство прав по иерархии, справедливость стратегического выбора, кооперация синергии в подсистемах, консенсус*.

База условий управления

$$\mathsf{F} = \{N, B,\ \mathsf{M}^j(B) \equiv \{Q^j(t, S \mid S \underset{i \in K^j}{\times} A^i; B), u^i(A^i \mid \underset{k \in K^j \setminus i}{\times} A^k; B), j \in N\};\ \mu^j(B \mid \underset{i \in K^j \mathrm{n}}{\times} A^i), j \in N\},$$

где $\mathsf{M}^j(B)$ – базы управления подсистем $j \in N$, $\mu^j(B \mid \underset{i \in K^j}{\times} A^i)$ – индивидуальные для подсистем $j \in N$ критерии полезности альтернатив $b \in B$ с *одинаковыми шкалами измерения*.

3 Условия разрешимости конфликтов при коллективном выборе

Аксиоматика осуществимости увязывает устойчивость процесса развития с коллективным выбором управляющих решений по условиям *устойчивых компромиссов*. Требуемые условия и способ разрешимости конфликтов определяются следующими результатами.

1. В системах *либеральной конфедерации* коллективный выбор *не разрешим компромиссом* и осуществим лишь по условиям *диктатора.*

2. В системах либеральной демократии коллективный выбор не разрешим компромиссом и осуществим лишь по условиям диктатуры большинства.

3. В системах *справедливой конфедерации* коллективный выбор *разрешим компромиссом* по условиям коллективно-рациональной кооперации *справедливости* (*свобода выбора, не ущемляющего интересы слабого*) [8]. Компромисс достигается по коллективному предпочтению справедливости:

$$\succ^{lm} : L\mu(b') >^{l} L\mu(b) \Rightarrow \mu(b') \succ^{lm} \mu(b), (b', b) \in B \times B,$$

где $L : R^K \to R^K$ – оператор преобразования вектора $\mu(b) \in R^K$ индивидуальных критериев полезностей $\mu^j(B)$, $j \in K$ по возрастанию компонент; $>^l$ – лексикографическое предпочтение.

Компромисс эффективен по Парето, но *не устойчив*; при диктатуре «справедливости» *устойчив*.

4. В системах *унитарной коммуны* коллективный выбор *разрешим устойчивым компромиссом* по условиям кооперации синергии, определяемым следующим условиями.

Пусть A_b^i ÷ множества альтернатив субъектов $i \in K$ при стратегическом условии b и заданы функции полезности $u^i(a^i \mid a_b^{K \setminus i})$ альтернатив $a^i \in A_b^i$ субъектов $i \in K$ при условии выбора $a_b^{K \setminus i} \in \underset{k \in K \setminus i}{\times} A_b^k$ остальными субъектами $k \in K \setminus i$. Вектор $\hat{a}_b \in \underset{i \in K}{\times} A_b^i$, удовлетворяющий условиям:

$$u^i(\hat{a}_b^i \mid \hat{a}_b^{K \setminus i}) = \sup_{a_b^i \in A_b^i} u^i(a_b^i \mid \hat{a}_b^{K \setminus i}),\ \hat{a}_b^{K \setminus i} \in \underset{k \in K \setminus i}{\times} A_b^k, i \in K \quad (1),$$

образует устойчивый компромисс, называемый «*равновесиями эгоцентризма*».

Подобный компромисс удовлетворяет равновесиям Нэша [9] и образует *гармонию интересов* унитарной коммуны.

5. В системах *безусловной коммуны* коллективный выбор разрешим устойчивым компромиссом, образующим «гармонию» интересов согласно следующим условиям.

Пусть на множестве B стратегических альтернатив задан критерий полезности $\mu(b \mid a_b)$, определенный при условии $a_b \in \underset{i \in K}{\times} A_b^i$. Пара $(\hat{a}_{\hat{b}}, \hat{b}) \in (\underset{i \in K^j}{\times} A_b^i) \times B$:

$$(2) \quad \begin{cases} \mu(\hat{b} \mid \hat{a}_{\hat{b}}) = \sup_{b \in B} \mu(b \mid \hat{a}_b), \hat{a}_b \in \underset{i \in K}{\times} A_b^i; \\ u^i(\hat{a}^i \mid \hat{a}_b^{K \setminus i}) = \sup_{a^i \in A_b^i} u^i(a^i \mid \hat{a}_b^{K \setminus i}), \hat{a}_b^{K \setminus i} \in \underset{k \in K \setminus i}{\times} A_b^k, i \in K \end{cases},$$

образует устойчивый компромисс, называемый *безусловной гармонией* интересов коммуны.

6. В системах *федерации* коллективный выбор разрешим *общесистемным компромиссом*, образующим «гармонию» интересов по условиям *справедливости* стратегического уровня и «гармонии» интересов подсистем коммуны локального уровня, определяемую условиями.

Пусть $\boldsymbol{\mu}(b \mid \mathbf{a}_b) = \{\mu^j(b \mid a_b^j),\ j \in N\} \in R^N$ – вектор индивидуальных критериев полезности стратегических альтернатив $b \in B$ при условии альтернатив $\mathbf{a}_b = \{a_b^j \in (\underset{i \in K^j}{\times} A_b^i),\ j \in N\}$: подсистем коммуны; $\overline{\succ}^{lm}$ – дополнение к предпочтению *справедливости* $\succ^{lm}$ на множестве B; $\mathbf{u}^j(a_b^j \mid b) \in R^{K^j}$ – вектор полезностей альтернатив $a_b^j \in (\underset{i \in K^j}{\times} A_b^i)$ в подсистемах $j \in N$; $\overline{\succ}^{K^j}$ – дополнение к предпочтению *синергии* $\succ^{K^j}$ в подсистемах $j \in N$.

Пара $(\hat{\mathbf{a}}_{\hat{b}}, \hat{b}) \in \{(\underset{i \in K^j}{\times} A_b^i),\ j \in N\} \times B$, удовлетворяющая условиям:

$$(3) \qquad \begin{cases} \boldsymbol{\mu}[b \mid \hat{\mathbf{a}}_b] \overline{\succ}^{lm} \boldsymbol{\mu}[\hat{b} \mid \hat{\mathbf{a}}_{\hat{b}}] \forall b \in B, \\ \mathbf{u}^j(a_b^j \mid b) \overline{\succ}^{K^j} \mathbf{u}^j(\hat{a}_b^j \mid b) \forall a_b^j \in (\underset{i \in K^j}{\times} A_b^i),\ j \in N; \end{cases}$$

образует общесистемный компромисс по условиям кооперации синергии в подсистемах локального уровня и справедливости коллективного выбора на стратегическом уровне интересов.

Компромисс *устойчив* по условиям гармонии интересов коммун и диктатуры справедливости на стратегическом уровне.

4 Базовые объекты процесса управления

Согласно сформулированным результатам конфликты при коллективном выборе в системах коммуны и федерации разрешимы устойчивыми компромиссами. Следуя этим результатам, дальнейшая структуризация процесса выполняется двумя этапами: а) структуризация базовых объектов; б) формирование структурных объектов процесса по условиям базовых объектов.

Базовыми объектами процесса являются объекты базы $\mathsf{M}(B)$ коммуны: коллектив K субъектов, множество состояний потенциала $S = [0,1] \subset R^1$, множества локальных альтернатив $A^i, i \in K$, функции их полезности $u^i(A^i \mid \cdot), i \in K$, переходная функция $Q(t, S \mid \underset{i \in K}{\times} A^i; B)$ управляемого процесса, множество стратегических альтернатив B, критерий $\mu(B \mid \cdot)$ их полезности, и множество $P(S)$ состояний системы. Их свойства и необходимые конструкции определяются ниже.

4.1 Альтернативы управления

Содержание и структура базовых альтернатив следуют из аксиоматики осуществимости процесса управления и иерархии интересов со следующими уточняющими дополнениями.

Множества локальных альтернатив: а) множество $A^1 \equiv Y$ альтернатив производства «пользы», необходимой для реализации интересов; б) множество $A^2 \equiv D$ альтернатив восстановления потенциала; в) множество $A^3 \equiv T \subset R^1_+$ альтернатив актуального использования ресурса потенциала.

По каждому множеству A^i существует субъект $i \in K = \{1, 2, 3\}$, принимающий решения.

Множество B стратегических альтернатив, ориентированных на обновление средств «производства» и развитие их потенциала. Условия их выбора определяются при формировании структурных объектов процесса управления.

4.2 Условия выбора альтернатив

4.2.1 Альтернативы производства «пользы»

Постулат 4.2.1.1 Альтернативы $y \in Y \equiv A^1$ производства «пользы» выбираются в зависимости от состояния $s \in S$ потенциала по правилу, определяемому однозначным отображением $\pi : S \to Y$.

4.2.2 Альтернативы восстановления потенциала

Альтернативы $d \in D \equiv A^2$ восстановления потенциала осуществляют сдвиг состояний $s \in S = [0,1]$ на величину $\varepsilon(d) \in [0,1], |\varepsilon(\cdot)| < 1$ по правилу:

(4) $$z(s \mid d) = \begin{cases} s + \varepsilon(d), \text{ если } s + \varepsilon(d) \le 1, \\ 1, \text{ если } s + \varepsilon(d) > 1 \end{cases}.$$

Подобный сдвиг влечет сдвиг траекторий процесса и безусловных распределений вероятностей на множестве *S*. В этих условиях альтернативы восстановления $d \in D$ должны выбираться в качестве общесистемного воздействия в зависимости от безусловного распределения $P_n(S)$ на *S* в моменты принятия решений *n*=1,2,… по правилу, определяемому вырожденным отображением $\delta : S \to D$. Отсюда следует определение.

Определение 4.2.2.1. Безусловное распределение вероятностей $P_n(S)$ на множестве *S* состояний потенциала в моменты *n*=1,2,… принятия решений является *состоянием системы* со значениями во множестве $P(S)$ безусловных вероятностных мер на *S*. Оно является виртуальным, формируемым последовательно в зависимости от предшествующих управляющих решений.

Постулат 4.2.2.1. Альтернативы $d \in D$ восстановления выбираются в зависимости от состояния системы $P_n(S)$ по правилу, определяемому вырожденным отображением $\delta_n : S \to D$.

4.2.3. Альтернативы актуального ресурса потенциала

Аксиомы $\mathcal{A}3$ и $\mathcal{A}6$ постулируют планирование актуального ресурса потенциала.

Постулат 4.2.3.1. Планирование актуального ресурса состоит в выборе горизонта времени $t \in T$ актуального использования ресурса потенциала (производства «пользы»).

Выбранный горизонт является шагом времени до очередного принятия решений и параметром переходной функции. В этих условиях горизонт $t \in T$ является общесистемной альтернативой, которая должна выбираться в зависимости состояния системы $P_n(S)$.

Постулат 4.2.3.2. Горизонт $t \in T$ планирования актуального ресурса потенциала выбирается в зависимости от состояния $P_n(S)$ системы в моменты n=1,2,… принятия решений по правилу, определяемому вырожденным отображением $\tau_n : S \to T \equiv A^3$.

4.3 Переходная функция управляемого процесса

Переходная функция процесса деградации определяется в следующих предположениях.

Предположение 4.3.1. Процесс деградации потенциала является *однородным марковским* во множестве состояний $S = [0,1] \subset R^1$ со свойствами: а) траектории не возрастают и в случайный момент обрываются; б) с убыванием $s \in [0,1]$ вероятность обрыва возрастает; в) при обрыве в точке $s > 0$ совершается мгновенный переход в точку $s = 0$.

Опасность обрыва определяется функцией

$$\Lambda(t \mid s) = \frac{dF(t \mid s)}{1 - F(t \mid s)}, t \in [0, \infty),$$

где $F(t \mid s) \div$ функция распределения случайного времени $\xi > 0$ до обрыва при условии $s \in S$ [10].

В *однородном* процессе функция $\Lambda(t \mid s) = \Lambda(s)$, функция распределения $F(t \mid s) = 1 - e^{-\Lambda(s) \cdot t}$.

Предположение 4.3.2. Деградация среды носит латентный характер и обнаруживается марковским потоком событий со значениями $\chi \in \{0,1\}$ и интенсивностью λ>0, индуцирующих обрывы потенциала.

Предположение 4.3.3. а) Переходная функция $q(t, S/S)$ процесса деградации потенциала определяется с тремя параметрами: ρ>0 – скорость деградации; σ>0– интенсивность обрывов в силу деградации; λ>0 – интенсивность обрывов в силу в среды. Параметры ρ и λ являются функциями альтернатив производства $a \in A^1$.

б) Опасность обрыва выражается в виде:

$$\Lambda(s \mid \lambda, \sigma) = \lambda + \sigma \cdot \frac{1 - s}{s}, s \in [0,1].$$

Утверждение 4.3.1. Переходная функция процесса деградации выражается в виде [1, 11]:

$$q(t,\Gamma \mid s) = \begin{cases} [(s-l)^{(e^{\rho t}-1)} - (s-c)^{(e^{\rho t}-1)}] \cdot e^{-\Lambda(l|\lambda,\sigma)\cdot t}, \\ \Gamma = [c,l] : s \geq c > l > 0; 1 \leq s > 0; \\ 1 - [(s-l)^{(e^{\rho t}-1)} - (s-c)^{(e^{\rho t}-1)}] \cdot e^{-\Lambda(l|\lambda,\sigma)\cdot t} \end{cases}.$$

Переходная функция управляемого процесса определяется условиями [1]:

$$Q(\tau,\Gamma \mid s;(a,d)) = \begin{cases} q(\tau,\Gamma \mid z;a,d), \Gamma \subset S, z \in S; \tau \in T, a \in A^1; \\ z \equiv z(d \mid s), s \in S, d \in D \end{cases},$$

где $a \in A^1$ – альтернатива производства «пользы», $d \in D$ – альтернатива восстановления потенциала, $z(d \mid s) \in S$ – состояние после восстановления $d \in D$ в точке $s \in S$ по правилу (4).

4.4. Функция полезности

Функция полезности определяет предпочтения на альтернативах согласно условиям:

$$u^i(a' \mid \underset{k\in K\setminus i}{\times} A^k; B) > u^i(a \mid \underset{k\in K\setminus i}{\times} A^k; B) \Rightarrow a' \succ a : (a',a) \in (A^i \times A^i \mid \underset{k\in K\setminus i}{\times} A^k; B),\ i \in K.$$

Аксиоматика управления предполагает формирование управляющих решений этапами *планирования* и *реального управления*. На этапе планирования используются *априорные* функции полезности, определяемые по условиям базовых аспектов интересов. На этапе реального управления решения принимаются в условиях девальвации ценностей. Это требует формирования *апостериорных* функций полезности по условиям девальвации.

4.4.1 Априорная функция полезности

1. Функция полезности $u^1(a \mid \cdot)(s)$ альтернатив $a \in A^1$ *производства* «*пользы*» имеет смысл интегральной ценности производимой на горизонте $\tau \in T$ «пользы», выражаемой в виде:

$$u^1(a \mid \tau, d; c; b)(s) = c \cdot h[a \mid z(d \mid s); b] \cdot \tau;\ s \in S,$$

где $c > 0$ – себестоимость пользы; $h[a \mid z(d \mid s), b]$ – производительность извлечения пользы при условии $b \in B$ в состоянии $z(d \mid s) \in S$ после восстановления $d \in D$ потенциала $s \in S$ по правилу (4).

2. Функция полезности альтернатив $d \in D$ *восстановления потенциала* $s \in S$ определяется *относительной* полезностью производства «пользы» в сравнении с *инвестициями*:

$$u^2(d \mid a, \tau; c; b)(s) = \frac{u^1(a \mid \tau, d; c; b)(s)}{r^2(d \mid b)(s)},$$

где $r^3(d \mid b)(s)$ – необходимые инвестиции на восстановление.

3. Функция полезности альтернатив $\tau \in T$ актуального ресурса потенциала $s \in S$ определяется *ожидаемой* полезностью производства «пользы» в условиях *риска обрыва потенциала*:

$$u^3(\tau \mid a, d; c; b)(s) = \{u^1(a \mid \tau, d; c; b)(s) \cdot e^{-\Lambda(s)\cdot\tau} - \psi(s) \cdot [1 - e^{-\Lambda(s)\cdot\tau}]\}, \quad (5)$$

где $[1 - e^{-\Lambda(s)\cdot\tau}]$ – вероятность обрыва на горизонте $\tau \in T$ в точке $s \in S$, $\psi(s) > 0$ – ущерб при обрыве.

Постулат 4.4.1. Актуальность ресурса потенциала $s \in S$ определяется условием $u^3(\tau \mid \cdot)(s) > 0$.

4.4.2 Апостериорная функция полезности

Апостериорная функция определяет прогноз полезности альтернатив в условиях девальвации ценностей, описываемой марковским процессом во множестве состояний $S = [0,1] \subset R^1$ с *неубывающими* траекториями. Прогноз на горизонте $\tau > 0$ определяется выражением [9]:

$$w_n^i(\cdot \mid \tau)(c_n, \gamma_n) = u^i(\cdot \mid c_n) \cdot e^{-\gamma_n \cdot \tau},\ n=1,2,\ldots;\ i \in K, \quad (6)$$

где $u^i(\cdot \mid c_n)$ – априорная функция, c_n – параметр себестоимость «пользы» в момент n=1,2,…принятия решений, γ_n – темп девальвации, $e^{-\gamma_n \cdot \tau}$ – прогноз меры сохранившейся полезности.

5 Структурные объекты процесса управления

Назначение структурных объектов основывается на аксиоматике осуществимости, свойствах базовых объектов и на условиях выбора альтернатив. Следуя им, определяются *стратегии управления, цикл управления, момент завершения цикла*, *политика развития и критериев качества.*

Согласно аксиоме $\mathcal{A}6$ управляющие решения должны формироваться этапами *планирования* и *реального управления*. Условия принятия решений на них различны. В частности, на этапе планирования используются априорные функции полезности, а на этапе реального управления апостериорные. Поэтому определения *критериев качества* на этапах *различаются*.

5.1 Структурные объекты

1. *Стратегии управления*: определяются при стратегическом условии $b \in B$ последовательностью правил выбора альтернатив согласно условиям постулатов 4.2.1, 4.2.2 и 4.2.3

Стратегия *производства* «*пользы*» определяется последовательностью $\{\pi_1^n \equiv (\pi_1, ..., \pi_n), n = 1, 2, ...\}$ измеримых однозначных отображений $\pi_n : S \to A^1 = Y_b$.

Стратегия *восстановления потенциала* определяется последовательностью $\{\delta_1^n = (\delta_1, ..., \delta_n), n = 1, 2, ...\}$ вырожденных отображений $\delta_n : P(S) \to A^2 = D_b$, выбираемых в зависимости от состояния системы $P_n(S)$ в моменты n=1,2,…принятия решений.

Стратегия управления *актуальным ресурсом потенциала* определяется последовательностью $\{\tau_1^n = (\tau_1, ..., \tau_n), n = 1, 2, ...\}$ вырожденных отображений $\tau_n : P(S) \to A^3 = T_b$, выбираемых в зависимости от состояния системы $P_n(S)$ в моменты n=1,2,…принятия решений.

2. *Цикл управления*: определяется набором стратегий $(\pi_1^n, \delta_1^n, \tau_1^n \mid b)$ при заданном стратегическом условии $b \in B$ до момента его *обновления* $n = n(b) < \infty$, являющегося моментом завершения цикла.

3. *Политика развития*: определяется последовательностью циклов $\{(\pi_1^n, \delta_1^n, \tau_1^n \mid b_k); k = 1, 2, ...\}$.

5.2 Критерии качества стратегий на этапе планирования

Управление на цикле осуществляется стратегиями $(\pi_1^n, \delta_1^n, \tau_1^n \mid b)$ при заданном стратегическом условии $b \in B$. Его задание предполагает выбор на момент начала цикла. Для выбора необходима оценка его качества, которая естественна по результатам завершения цикла. Стратегии формируются в условиях случайных процессов деградации с априорными функциями полезности. В подобных условиях качество стратегий естественно оценивать математическим ожиданием *средней* полезности по условиям начала цикла. Способ формирования нужных критериев качества определяется следующими конструкциями.

Следуя постулату 4.2.1 и определению стратегии производства «пользы», критерий ее качества определяется *условным* (при условии $s \in S$) *математическим ожиданием средней полезности*, формируемым на горизонте n=1,2,… шагов принятия решений соотношениями вида:

(7) $$v_n^1(\pi_1^n \mid \delta_1^n, \tau_1^n; b) = F_n^1(\pi_n \mid \delta_n, \tau_n; b) \cdot v_{n-1}^1(\pi_1^{n-1} \mid \delta_1^{n-1}, \tau_1^{n-1}; b) \in R^S; \; n = 1, 2, ...,$$

где оператор $F_n^1(\cdot) : R^S \to R^S$ действует по правилу:

(8) $$F_n^1(\pi_n \mid \delta_n, \tau_n; b) \cdot v_{n-1}^1 = \frac{1}{n} u^1(\pi_n \mid \delta_n, \tau_n; b) + \frac{n-1}{n} Q(\pi_n \mid \delta_n, \tau_n; b) \cdot v_{n-1}^1,$$

$u^1(\cdot)$ – функция полезности; $Q(\cdot) : R^S \to R^S$ – оператор усреднения по переходным вероятностям.

Следуя постулатам 4.2.2.1 и 4.2.3.2, критерии качества стратегий *восстановления* и *управления ресурсом* определяются *безусловными математическими ожиданиями средней полезности*, формируемыми соотношениями:

(9) $$\varphi_n^2(\delta_1^n \mid \pi_1^n, \tau_1^n; b) = \mathbf{P}(P_n) \cdot F_n^2(\delta_n \mid \pi_n, \tau_n; b) v_{n-1}^2[\delta_1^{n-1} \mid \pi_1^{n-1}, \tau_1^{n-1}; b)] \in R^1;$$

(10) $$\varphi_n^3(\tau_1^n \mid \pi_1^n, \delta_1^n; b) = \mathbf{P}(P_n) \cdot F_n^3(\tau_n \mid \pi_n, \delta_n; b) v_{n-1}^3[\tau_1^{n-1} \mid \pi_1^{n-1}, \delta_1^{n-1}; b)] \in R^1,$$

где $\mathbf{P}(P_n) : R^S \to R^1$ – оператор усреднения по безусловному распределению $P_n(S)$ на S;

операторы $F_n^i(\cdot)$, $i = 2, 3$ определяются аналогично (8) с функциями полезности $u^i(\cdot)$, $i = 2, 3$.

5.3 Момент завершения цикла управления

Согласно постулату 4.4.1 актуальность ресурса потенциала $s \in S$ определяется условием $u^3(\tau \mid \cdot)(s) > 0$. Следуя этому условию, момент $n(b)$ завершения цикла определим с использованием критерия (10) полезности $\varphi_n^3(\tau_1^n \mid \pi_1^n, \delta_1^n; b)$ стратегии *управления ресурсом* пороговым условием:

(11) $$n(b) = \inf_n \{\varphi_n^3(\tau_1^n \mid \pi_1^n, \delta_1^n; b) = \mathbf{P}(P_n) \cdot F_n^3(\tau_n \mid \pi_n, \delta_n; b) v_{n-1}^3[\tau_1^{n-1} \mid \pi_1^{n-1}, \delta_1^{n-1}; b)]\} \le 0.$$

5.4 Критерий качества стратегических альтернатив

Стратегическая альтернатива $b \in B$ предполагает общесистемное обновление. Поэтому ее качество должно определяться по доминирующему аспекту интересов системы. Согласно аксиоматике осуществимости процесса в роли такого аспекта предполагается производство «пользы». Качество стратегии производства «пользы» описывается условным (при начальном условии $s \in S$) критерием $v_n^1(\pi_1^n \mid \delta_1^n, \tau_1^n; b) \in R^S$, определенном в (7). Но качество цикла предполагает однозначную его оценку вне зависимости от условия $s \in S$. Ее естественно определять *безусловным* критерием путем усреднения условного критерия $v_n^1(\pi_1^n \mid \delta_1^n, \tau_1^n; b) \in R^S$ на горизонте $n = n(b)$ длительности цикла по безусловному распределению $P_0(S)$ на момент $n = 0$ начала цикла согласно выражению:

(12) $$\varphi_0^1(\pi_1^n \mid \delta_1^n, \tau_1^n; b) = \mathbf{P}(P_0) \cdot v_n^1(\pi_1^n \mid \delta_1^n, \tau_1^n; b) \in R^1, n = n(b).$$

где $\mathbf{P}(P_0): R^S \to R^1$ – оператор усреднения по распределению $P_0(S)$ на момент $n = 0$ начала цикла.

Но подобный критерий $\varphi_0^1(\cdot)$ не содержит экономических параметров, позволяющих учитывать социальную полезность цикла. Тогда нужный критерий естественно определить условиями вида:

(13) $$\mu(b) = \frac{\varphi_0^1(\pi_1^n \mid \delta_1^n, \tau_1^n; b); n = n(b)}{r(b) + \varsigma_{n(b)}(b)} \in R^1,$$

где $r(b)$ – инвестиции на стратегическое обновление при альтернативе $b \in B$; $\varsigma_{n(b)}(b)$ – социальные затраты на горизонте $n(b)$ длительности цикла.

5.5 Структурные объекты на этапе реального управления

На этапе реального управление стратегическое условие $\hat{b} \in B$ задано по результатам этапа планирования. Управление осуществляется по реальным условиям, определяемыми значениями потенциала и девальвации ценностей, наблюдаемыми в моменты принятия решений. В этих условиях качество стратегий естественно описывать критериями ожидаемой *суммарной полезности*. Нужные критерии определяются аналогично критериям средней полезности (7).(9),(10) с тем лишь отличием, что формируются они с использованием операторов $\Phi_n^i(\cdot): R^S \to R^S, i \in K$, действующих по правилу:

(14) $$\Phi_n^i(\cdot)\tilde{v}_{n-1}^i = w_n^i(\cdot) + Q(\cdot)\tilde{v}_{n-1}^i : R^S \to R^S,\ n=1,2,\ldots$$

где $w_n^i(\cdot)$ – апостериорная функция полезности, определенная в (6).

Момент $n(b)$ завершения цикла определяется аналогично условиям (11).

6 Задачи управления развитием

Структурные объекты процесса позволяют формулировать задачи управления. Они следуют условиям разрешимости конфликтов компромиссом на этапах планирования и реального управления.

6.1 Задачи в системах унитарной коммуны

В унитарной коммуне коллективный выбор, рассматриваемый при заданном стратегическом условии $b \in B$, разрешим устойчивым компромиссом, определяемым равновесиями эгоцентризма (1), образующими «гармонию интересов». В условиях управления компромисс сводится к формированию *унитарного равновесного цикла* $(\hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n \mid b)$. На этапах планирования и реального управления постановки задач различаются.

На этапе *планирования* качество стратегий описывается критериями *средней полезности*, определенными в (7)÷(10). С их использованием согласно условиям равновесий эгоцентризма (1) и завершения цикла (11), задача формирования равновесного цикла сводится к решению системы:

$$(15)\qquad \begin{cases} F_n^1(\hat{\pi}_n \mid \hat{g}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^1 = \sup\limits_{\pi\in\Pi^1} F_n^1(\pi \mid \hat{g}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^1, \\ \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^2(\hat{g}_n \mid \hat{\pi}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^2 = \sup\limits_{g\in G} \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^2(g \mid \hat{\pi}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^2, \\ \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^3(\hat{\tau}_n \mid \hat{\pi}_n, \hat{g}_n; b)v_{n-1}^3 = \sup\limits_{\tau\in T} \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^3(\tau \mid \hat{\pi}_n, \hat{g}_n; b)v_{n-1}^3, \cdot \\ P_0;\ P_1 = P_0, P_n = P_{n-1}\cdot Q(\hat{\tau}_{n-1} \mid \hat{g}_{n-1}, \hat{\pi}_{n-1}), n = 1,2,...,n(b), \\ n(b) \equiv \inf\limits_n \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^3(\hat{\tau}_n \mid \hat{\pi}_n, \hat{g}_n; b)v_{n-1}^3 \le 0 \end{cases}$$

На этапе *реального* управления используются критерии *суммарной полезности*, формируемые операторами $\Phi_n^i(\cdot): R^S \to R^S$, определенными в (14). В этих условиях задача формирования равновесного цикла формулируется аналогично (15) с заменой соответствующих операторов.

Утверждение 6.1. В системах унитарной коммуны равновесный цикл $(\hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n \mid b)$, формируемый решением системы (15), образует устойчивый динамический компромисс по условиям (1) «*гармонии интересов*».

6.2 Задачи в системах безусловной коммуны

Структура безусловной коммуны является расширением структуры унитарной коммуны на условия иерархии интересов с множеством B стратегических альтернатив и критерием их качества $\mu(b) \in R^1$. Коллективный выбор в ее условиях разрешим устойчивым компромиссом по условиям кооперации синергии, образующим «*безусловную гармонию*», определяемую условиями (2). Однако способ формирования критерия качества $\mu(b)$ в процессе управления не определен. Поэтому критерий должен быть сформирован по условиям этапа планирования, определенным в § 5.2.

6. 2.1 Этап планирования

Согласно условиям (2) формирования компромисса стратегическая альтернатива выбирается по критерию $\mu(b \mid \hat{a}_b)$ в зависимости от сформированного на локальном уровне компромисса $\hat{a}_b \in \underset{i\in K}{\times} A_b^i$ по условиям равновесий эгоцентризма (1). В процессе управления построение равновесий эгоцентризма при условии $b \in B$ сводится к формированию *унитарного равновесного цикла* $(\hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n \mid b)$ решением системы (15). Ее решение составляет *первый* шаг постановки задачи.

Второй шаг состоит в формировании критерия качества $\mu(b)$ альтернативы $b \in B$ при условии *равновесного цикла* $(\hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n \mid b)$. Согласно построениям § 5.2 нужный критерий определятся условиями (13) с использованием *безусловного* критерия $\varphi_0^1(\hat{\pi}_1^n \mid \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n; b) \in R^1; n = n(b)$ вида (12), экономического параметра $r(b)$ и социального параметра $\varsigma_{n(b)}(b)$.

Если нужный критерий $\mu(b)$ сформирован для всех $b \in B$, то *третий шаг* постановки и решения задачи состоит в выборе альтернативы $\hat{b} \in B$, удовлетворяющей условиям (2) «*гармонии интересов*».

Описанные шаги определяют задачу формирования *равновесного цикла по условиям гармонии* (1),(2) интересов безусловной коммуны. Она сводится к решению системы:

$$
(16)\quad
\begin{cases}
\mu_{n(b)}(\hat{b}) = \sup\limits_{b\in B} \mu_{n(b)}(b); \\
\left[\begin{array}{l}
F_n^1(\hat{\pi}_n \mid \hat{g}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^1 = \sup\limits_{\pi\in\Pi^1} F_n^1(\pi \mid \hat{g}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^1, \\
\mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^2(\hat{g}_n \mid \hat{\pi}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^2 = \sup\limits_{g\in G} \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^2(g \mid \hat{\pi}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^2, \\
\mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^3(\hat{\tau}_n \mid \hat{\pi}_n, \hat{g}_n; b)v_{n-1}^3 = \sup\limits_{\tau\in T} \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^3(\tau \mid \hat{\pi}_n, \hat{g}_n; b)v_{n-1}^3, \\
P_0;\ P_1 = P_0, P_n = P_{n-1}\cdot Q(\hat{\tau}_{n-1} \mid \hat{g}_{n-1}, \hat{\pi}_{n-1}), n = 1,2,...,n(b), \qquad \forall b \in B \\
n(b) \equiv \inf\limits_n \mathbf{P}(P_n)\cdot F_n^3(\hat{\tau}_n \mid \hat{\pi}_n, \hat{g}_n; b)v_{n-1}^3 \le 0; \\
\varphi_0^1(b) \equiv \mathbf{P}(P_0)\cdot F_n^1(\hat{\pi}_n \mid \hat{g}_n, \hat{\tau}_n; b)v_{n-1}^1, n = n(b); \\
\mu(b) = \dfrac{\varphi_0^1(b)}{r(b)+\varsigma(b)}
\end{array}\right.
\end{cases}.
$$

Утверждение 6.2. В системах безусловной коммуны равновесный цикл $(\hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n \mid \hat{b})$, являющийся решением системы (16), образует устойчивый динамический компромисс по условиям «гармонии интересов» (2) на этапе планирования.

6.2.2 Этап реального управления

На этапе реального управления принятие решений осуществляется при полученном по результатам этапа планирования стратегическом условии $\hat{b} \in B$. Задача состоит в формировании равновесного цикла $(\tilde{\pi}_1^n, \tilde{\delta}_1^n, \tilde{\tau}_1^n \mid \hat{b})$ по условиям (1) равновесий эгоцентризма с критериями суммарной полезности, определенными соотношениями аналогичными (7), (9), (10), но с операторами $\Phi_n^i(\cdot): R^S \to R^S$, определенными в (14). Задача сводится к решению системы аналогичной (15) вида:

$$
(17)\quad
\begin{cases}
\Phi_n^1(\tilde{\pi}_n \mid \tilde{g}_n, \tilde{\tau}_n; \hat{b})v_{n-1}^1 = \sup\limits_{\pi\in\Pi^1} \Phi_n^1(\pi \mid \tilde{g}_n, \tilde{\tau}_n; \hat{b})v_{n-1}^1, \\
\mathbf{P}(P_n)\cdot \Phi_n^2(\tilde{g}_n \mid \tilde{\pi}_n, \tilde{\tau}_n; \hat{b})v_{n-1}^2 = \sup\limits_{g\in G} \mathbf{P}(P_n)\cdot \Phi_n^2(g \mid \tilde{\pi}_n, \tilde{\tau}_n; \hat{b})v_{n-1}^2, \\
\mathbf{P}(P_n)\cdot \Phi_n^3(\tilde{\tau}_n \mid \tilde{\pi}_n, \tilde{g}_n; \hat{b})v_{n-1}^3 = \sup\limits_{\tau\in T} \mathbf{P}(P_n)\cdot \Phi_n^3(\tau \mid \tilde{\pi}_n, \tilde{g}_n; \hat{b})v_{n-1}^3, \cdot \\
P_0;\ P_1 = P_0, P_n = P_{n-1}\cdot Q(\tilde{\tau}_{n-1} \mid \tilde{g}_{n-1}, \tilde{\pi}_{n-1}), n = 1,2,...,n(\hat{b}), \\
n(b) \equiv \inf\limits_n \mathbf{P}(P_n)\cdot \Phi_n^3(\tilde{\tau}_n \mid \tilde{\pi}_n, \tilde{g}_n; \hat{b})v_{n-1}^3 \le 0
\end{cases}
$$

Утверждение 6.3. Равновесный унитарный цикл $(\tilde{\pi}_1^n, \tilde{\delta}_1^n, \tilde{\tau}_1^n \mid \hat{b})$ на этапе реального управления образует устойчивый динамический компромисс по условиям (1) *гармонии интересов* унитарной коммуны при заданном по результатам планирования стратегическом условии $\hat{b} \in B$.

Утверждение 6.4. В системах безусловной коммуны процесс управляемого развития с политикой $\{(\tilde{\pi}_1^n, \tilde{\delta}_1^n, \tilde{\tau}_1^n \mid \hat{b}_k), k = 1,2,...\}$, формируемой на этапе реального управления равновесными циклами по результатам планирования, устойчив по условиям *гармонии интересов*.

6.3 Система «федерации»

Система федерации имеет иерархическую структуру, образованную набором N подсистем коммуны с общим множеством B стратегических альтернатив.

6.3.1 Этап планирования

Задача: требуется по условиям (3) «гармонии интересов и справедливости» сформировать общее для подсистем и системы *стратегическое условие* $\hat{b} \in B$. Решение задачи предполагает формирование цикла управления следующими этапами конструктивных построений.

а) Для каждой подсистемы $j \in N$ решением задачи (16) формируется индивидуальный равновесный цикл $(\hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n \mid \hat{b})^j$ по условиям (2) гармонии интересов безусловной коммуны.

б) Для каждой подсистемы $j \in N$ по результатам цикла формируется индивидуальный критерий качества $\mu^j(\hat{b}^j)$ альтернативы $\hat{b}^j \in B$ с *одинаковыми для всех* $j \in N$ *шкалами измерения*. Критерии формируются, следуя предположениям определения критерия (13) с необходимыми дополнениями экономических и социальных параметров.

в) С использованием критериев $\mu^j(\hat{b}^j)$, $j \in N$ формируется компромисс по условиям (3) *гармонии интересов и справедливости*, определяющий *общее стратегическое условие* $\hat{b} \in B$ системы федерации по условиям «*диктатуры справедливости*».

6.3.2 Этап реального управления

Задача: при полученном по результатам планирования стратегическом условии $\hat{b} \in B$ требуется сформировать цикл управления федерации, следуя условиям (3) «*гармонии интересов и справедливости*». Решение сводится к следующим этапам построений и вычислений.

В каждой подсистеме $j \in N$ при заданном по результатам этапа планирования стратегическом условии $\hat{b} \in B$ решением системы (17) по реальным условиям управления последовательно формируется индивидуальный равновесный унитарный цикл $(\tilde{\pi}_1^n, \tilde{\delta}_1^n, \tilde{\tau}_1^n \mid \hat{b})^j$, $j \in N$, образующий устойчивый динамический компромисс по условиям равновесий эгоцентризма (1).

Моменты завершения цикла каждой подсистеме $j \in N$ *различны*. Но федерация предполагает *общий* цикл, требующий указания общего для подсистем $j \in N$ момента их завершения. Следуя концепции «справедливости» *не ущемлять* «*слабого*» и условиям завершения цикла при решении системы (17), требуемый момент определяется условием:

$$n(\hat{b}) = \inf_n [\mathbf{P}(P_n) \cdot \Phi_n^3(\tilde{\tau}_n \mid \tilde{\pi}_n, \tilde{g}_n; \hat{b}) \tilde{v}_{n-1}^3]^j \le 0 \cdot$$

Выполненные построения определяют общий равновесный цикл $\{(\tilde{\pi}_1^n, \tilde{\delta}_1^n, \tilde{\tau}_1^n \mid \hat{b})^j, j \in N;\ n = n(\hat{b})\}$ системы федерации на этапе реального управления, удовлетворяющий условиям «гармонии интересов и диктатуры справедливости». Отсюда следуют утверждения.

Утверждение 6.5. Равновесный цикл, сформированный в системах федерации по реальным условиям управления при стратегическом условии $\hat{b} \in B$, заданном по результатам этапа планирования, образует устойчивый динамический компромисс.

Утверждение 6.6. В системах федерации процесс управляемого развития с политикой развития $\{(\tilde{\pi}_1^n, \tilde{\delta}_1^n, \tilde{\tau}_1^n \mid \hat{b}_k)^j, j \in N; k = 1, 2, ...\}$, формируемой равновесными циклами по условиям «гармонии интересов» и диктатуры справедливости, устойчив.

7 Итоги и свойства процессов управляемого развития

Представленные результаты конструктивно реализуют концепцию управления развитием, основанную на объективных свойствах материального мира и среды: старение, деградация, девальвация, эгоцентризм, рефлексивность социальной среды. Эти свойства определяют условия управления развитием. Устойчивость развития определяется аксиоматикой осуществимости, постулирующей формирование управлений по условиям устойчивых компромиссов. Следуя типовым ценностям социальной среды, определены конфигурации систем. Согласно их структурным условиям сформулированы условия разрешимости конфликтов интересов устойчивым компромиссом. Следуя им и аксиоматике осуществимости, сформирована циклическая структура процесса управления и его формальные объекты. По условиям их конструкций сформулированы постановки задач управляемого развития и методология их решения этапами планирования и реального управления.

Полученные результаты определяют свойства процессов управляемого развития в системах.

Утверждение 7.1. В системах либеральной конфедерации не существует иного правила управления развитием кроме правила диктатора. Процесс развития осуществим по условиям «сильного» на ограниченном горизонте времени и не устойчив.

Утверждение 7.2. В системах либеральной демократии процесс развития осуществим по условиям диктатуры большинства в интересах «сильных», но не устойчив.

Утверждение 7.3. В системах справедливой конфедерации процесс развития осуществим и эффективен по условиям коллективно-рациональной кооперации «справедливости», но не устойчив. В условиях диктатуры «справедливости» процесс устойчив.

Утверждение 7.4. В системах «коммуны» процесс управляемого развития *осуществим* по условиям кооперации *синергии*, при этом *эффективен* и *устойчив* по условиям «*гармонии интересов*» на неограниченном горизонте циклов управляемого развития.

Утверждение 7.5. В системах «федерации» процесс управляемого развития осуществим, эффективен и устойчив по условиям «гармонии интересов» локального уровня и диктатуры «справедливости» стратегического уровня интересов на неограниченном горизонте циклов развития.

Заключение

Из полученных результатов следует, что проблема устойчивости управляемого развития принципиально разрешима. Условия разрешимости определяются концепцией управления развитием, основанной на системном подходе и объективных свойствах деградации материального мира и социальной среды, определяющих внешние условия управления, которые неоспоримы и открывают универсальные возможности ее применений. Устойчивость управляемого развития концепция основывает на формировании устойчивых компромиссов, образующих гармонию интересов и справедливости. Это предполагает существование условий, мотивирующих «гармонию». Они существуют в системах коммуны и федерации, и определяются их внутренними ценностями. Но в условиях имманентного эгоцентризма внутренние ценности не гарантируют мотивацию «гармонии». Для ее достижения необходимо, чтобы она была *экзистенциальной ценностью социальной среды*. Для этого требуется ее формирование. Из формальных условий «гармонии» следует, что она определяет качество коллективного существования содержательной формулой: *от каждого по способностям, каждому по интересам, всем по справедливости*. Эти условия служит основанием, обеспечивающим мотивацию «гармонии». Однако ее формирование в качестве *экзистенциальной ценности* социальной среды осуществимо лишь государственным аппаратом.

Наконец, концепция предполагает формирование управляющих решений *циклами планирования и реального управления*. Из структуры и формальных условий процесса управления следует, что формирование нужных решений *не возможно* коллективом реальных субъектов. Для этого требуется *объективный посредник*, владеющий адекватным формальным аппаратом, вычислительными ресурсами и полномочиями для определения структуры интересов, формирования политики стратегического развития и ее практического осуществления от имени субъектов социальной среды и для нее. Таким посредником очевидным образом может служить лишь государство.

Таким образом, проблема устойчивости управляемого развития *принципиально разрешима*, при этом она разрешима по условиям «*гармонии интересов и справедливости*», но ее решение достижимо лишь в структуре государства. Конкретные задачи практической осуществимости управляемого развития по условиям «гармонии» требуют специального исследования и обсуждения.

Литература

1. *Баранов В.В.* Модели динамики, мониторинга и полезности в проблеме управления развитием // Труды конф. MLSD`2011.T.II.– М.: ИПУ РАН.– С.291–298.
2. *Баранов В.В., Махутов Н.А.* Управление развитием: концепция, методология, методы// Труды конф. MLSD`2012. Т. I. – М.: ИПУ РАН. 2012. – С. 88 –106.
3. *Баранов В.В.* Модели коллективных решений в управлении развитием крупномасштабных систем. – Сб. "Управление развитием крупномасштабных систем. MLSD`2014". – Москва: ИПУ РАН. 2014. С. 19–31.
4. *Баранов В.В.* Модели и методы принятия равновесных решений в управлении развитием. – Сб. трудов "Управление развитием крупномасштабных систем. MLSD`2014". – Москва: ИПУ РАН. 2014. С. 400–413.
5. *Баранов В.В., Цвиркун А.Д.* Системно-структурный анализ управляемого развития крупномасштабных систем //Труды MLSD`2015. Т.1.– М.:ИПУ РАН. 2015.– С.13-27.
6. *Баранов В.В., Цвиркун А.Д.* Управление развитием: структурный анализ, задачи, устойчивость // АиТ. 2018. № 10. С. 55 – 75.
7. *Дынкин Е.Б., Юшкевич А.А.* Управляемые марковские процессы.– М. НАУКА,1975, 338 с.
8. *Баранов В.В.* О проблеме и методах корпоративного выбора // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2006. №2. С.103-116.
9. *Мулен Э.* – Теория игр с примерами из математической экономики. – М: Мир, 1985.– 200 с.
10. *Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д.* Математические методы в теории надежности. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. -1965.-524 с.
11. *Баранов В.В., Матросов В.М.* Модель динамики в задачах управления деградирующими системами // Проблемы управления. № 4. 2007. С. 2 – 7. М. ИПУ РАН.

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

Варнавский В.Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва
varnavsky@imemo.ru

Аннотация: Рассматривается развитие глобальной транспортно-логистической инфраструктуры в современных условиях. Анализируется понятийный аппарат, связанный с транспортной логистикой, новые категории, появившиеся в последнее время. Показана роль и значение контейнеризации морских портов как главной опоры международной торговли и глобальных цепочек создания стоимости. Дан обзор трансконтинентальной торговли товарами обрабатывающей промышленности и анализ инвестиционных процессов в транспортно-логистической инфраструктуре основных стран мира.

Ключевые слова: транспортно-логистическая инфраструктура, управление, глобализация, глобальные производственно-сбытовые цепочки, контейнеризация, морские порты, мировая торговля, обрабатывающая промышленность, инвестиции.

Введение

За два-три последних десятилетия в управлении транспортно-логистической инфраструктурой произошли серьезные изменения. Наблюдалось углубление международного разделения труда в мировой экономике в целом, и ее транспортном комплексе, в частности, повышение скорости обновления основных средств производства в промышленности и сфере услуг, снижение длительности жизненного цикла товаров личного потребления и увеличение скорости их оборота, использование в производстве и в частной жизни новых форм торговли и транспортировки продукции, рост мобильности населения. Феномен бурного роста новой транспортно-логистической инфраструктуры связан с глобализаций, оживлением международной торговли, особенно в трансконтинентальных сообщениях, появлением новых рынков в Азии, Африке, Восточной Европе, на пространстве Содружества Независимых Государств (СНГ), а также с рядом технико-технологических факторов – компьютерной революцией и информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ). Управление транспортно-логистической инфраструктурой выступает продолжением и развитием теории управления цепями поставок и глобальными производственно-сбытовыми сетями.

Понятийный аппарат

Последние годы в транспортном комплексе активно внедряются новые технологии транспортировки и управления, что приводит к необходимости актуализации понятийного аппарата и категорий.

Инфраструктура – это совокупность отраслей и сфер деятельности по обслуживанию (обеспечению) функционирования экономики и домашних хозяйств. Она бывает производственная и социальная. К социальной инфраструктуре относят, обычно, образование, здравоохранение, культуру, науку, спорт, туризм и пр. В производственной инфраструктуре выделяются: транспортная, энергетическая, жилищно-коммунальная, инженерная и иная инфраструктура производственного характера. В свою очередь, транспортная инфраструктура подразделяется в зависимости от видов транспорта на автодорожную, железнодорожную, аэропортовую и водную (морскую и речную). Но последние время больше говорят уже не о транспортной, а о транспортно-логистической инфраструктуре, понимая под этим неразрывность транспорта и логистики в современном перевозочном процессе.

Появление компьютера стало основой революционного преобразования на транспорте – логистики поставок, которая занимается управлением запасами, перевозок, складирования грузов и т.п. Логистика также включает внутренние и внешние по отношению к транспортировке распределительные сети. Появились мощные логистические системы организации перемещения товаров с одного континента на другой с оптимизацией маршрута, доставки товаров от производителя к потребителю за минимальное время. В логистику включаются также: проведение груза через транспортные процедуры, выбор транспортного средства, разработка документации, комплектование груза и другие процессы.

Логистика, как система управления потоками, вошла в процесс транспортировки на всех ее этапах и выросла до самостоятельной отрасли. Издержки на логистику, если их отделить от затрат на собственно перевозочный процесс, составляют до половины всех транспортных расходов.

Современные комплексные транспортно-логистические системы основаны на таких инновационных инструментах, как цифровые платформы, прогнозная аналитика, анализ

эффективности и другие. Они нацелены на то, чтобы помочь участникам рынка оптимизировать операции, сократить расходы и время, гарантируя надежность поставки, сохранность груза, его качество и потребительскую стоимость.

Современная транспортная логистика, как наука об управлении потоками транспортных средств, грузов и пассажиров, включает в себя управление, проектирование и оптимизацию:

- процессов (погрузка, разгрузка, доставка, оформление, составление сборных грузов, транспортировка, перемещение и т.д.);
- топологии (размещения транспортных средств, инфраструктуры, пассажиров, грузов, багажа);
- пассажиро- и грузопотоков и перевозок;
- информационных систем (управления, обеспечения, моделирования, принятия решений, баз данных и т.д.);
- безопасности;
- управления проектами;
- кастомизации.

Задача логистики – прибытие груза вовремя, в оговоренном объеме и состоянии.

Кастомизация – это новое понятие, появившееся в последние годы и означающее изготовление продукции под конкретного заказчика, или – придание продукции на стадии ее производства свойств и параметров согласно требованиям конкретного потребителя. По сути кастомизация – настройка производства на конкретного частного потребителя, способная в перспективе при продолжении складывающихся тенденций в логистике и управлении перерасти из корпоративного планирования частного потребления в *Глобальное Плановое Хозяйство*.

Важную роль в современной транспортировке грузов играет понятие «совершенного заказа» (Perfect Order, PO). Это такая поставка, в которой все операции логистического цикла выполнены без ошибок и в строгом соответствии с условиями договора. Цена – главный предмет переговоров продавца и покупателя и основной показатель конкурентоспособности того или иного вида транспорта. Но есть и совокупность качественных, неценовых показателей. Основные неценовые показатели совершенного заказа:

- своевременность: доставка строго в срок (on-time delivery);
- укомплектованность: получение заказанного объема и структуры товара;
- безошибочность и безопасность: отсутствие повреждений товара, нарушений при транспортировке, корректная документация.

Переворот в транспортировке и логистике в эпоху глобализации произвел контейнер. В 1956 г. появился первый контейнер для перевозки грузов, который в последующем (1990-2010 гг.) обеспечил более 90% доставки товаров на большие расстояния во внутренней и международной торговле. Контейнеризация, как явление, стало статистически значимой величиной и выделилось в самостоятельную отрасль транспортного комплекса [1, 2].

Мультимодальные перевозки – это такие перевозки, при которых происходит минимум одна перегрузка с одного вида транспорта на другой. Практически все современные перевозки в трансконтинентальном сообщении – мультимодальные. Развитие мультимодальных трансконтинентальных транспортно-логистических коридоров (МТТЛК) началось в 1980-е годы. С одной стороны, оно было обусловлено глобализацией и бурным ростом мировой торговли, а с другой – дало мощный толчок этим мировым процессам. Именно по МТТЛК идет основной поток международной торговли товарами.

В результате увеличившихся в условиях глобализации межконтинентальных потоков товаров в мире сложились трансконтинентальные транспортно-логистические коридоры. Важнейшими из них являются: Европа – Азия, Европа – Северная Америка и Азия – Северная Америка.

Внешняя торговля

Современное состояние и перспективы управления транспортно-логистической инфраструктурой во многом определяются динамикой и структурой международной торговли. Важнейшую роль в ее управлении играют правительства, финансирующие инфраструктурные проекты на различных условиях (бюджет, софинансирование, льготное кредитование, государственно-частное партнерство и т.д.), поскольку в большинстве стран инфраструктура находится в их собственности или непосредственной ответственности.

Глобализация привела в движение огромные массы товаров во внешнеторговом, трансграничном и трансконтинентальном направлениях. По мере усиления и расширения процессов глобализации значение транспортного комплекса в развитии мировой экономики неуклонно возрастало.

Главным фактором, определившим высокую динамику развития всех видов транспорта и сопутствующей ему инфраструктуры, выступает опережающий рост международной торговли и особенно продукцией обрабатывающей промышленности в сравнении с валовым внутренним продуктом (ВВП). По данным Мирового банка (World Bank) валовой внутренний продукт всех стран мира в 2017 г. по валютному курсу составил 80 трлн. долл. США [3]. Всемирная торговая организация (ВТО) оценивает объем мировой торговли в 2017 г. в размере 23 трлн. долл. США [4, p. 27]. Если исходить, что чистая стоимость глобальной внешней торговли равняется примерно 72% от ее значения по валовой стоимости [5, p. 4], то получается, что в международный торговый оборот товаров и коммерческих услуг в настоящее время вовлечено более 20% производимой в мире продукции. В 1990 г. значение этого показателя было лишь 13,7% (оценка автора).

Внешнеторговые товары, произведенные обрабатывающей промышленностью стран мира, идут в трансконтинентальных направлениях между Европой, Северной и Южной Америками, Азией, Африкой и Австралией. Суммарная стоимость таких товаров составляет 4,2 трлн. долл. США или 35,6% от общего объема международной торговли продукцией обрабатывающей промышленности. Из них 85% - это торговый поток между тремя основными центрами экономической мощи – Европой, Азией и Северной Америкой. Стоимость товаров, поставляемых в треугольнике Европа-Азия-Северная Америка, в 2017 г. составила 3,5 трлн. долл. США. Практически весь этот объем был перевезен по морю в контейнерах, на которые в настоящее время приходится более 95% общего товарооборота в трансконтинентальном сообщении, а остальное – авиационным транспортом.

Такой огромный объем транспортировки морским транспортом потребовал в течение последних 20 лет создания соответствующей инфраструктуры в морских портах (причалы, краны, акватория и пр.) и контейнерной транспортировки. В направлении Европа-Азия-Северная Америка в 2017 г. было перевезено морем 60,5 млн. контейнеров в 20-футовом исполнении (Twenty-foot Equivalent Unit, TEU). А доля этих трех центров составила 30,2% мировой торговли продукцией обрабатывающей промышленности (Табл. 1).

Таблица 1. Стоимость товаров и объем контейнерных перевозок в треугольнике Европа-Азия-Северная Америка

Трансконтинентальные маршруты	Стоимость перевозимых товаров обрабатывающей промышленности, млрд. $	Доля в мировой торговле продукцией обрабатывающей промышленности, %	Объем контейнерных перевозок, млн. TEU
Азия – Европа (ЕС)	1395	11,9	24,8
Азия – Северная Америка	1374	11,7	27,6
Европа – Северная Америка	773	6,6	8,1
Всего:	3542	30,2	60,5

Источники: [1, p. 12].

Для сравнения: объем мировой торговли продукцией всех отраслей добывающей промышленности (нефть, нефтепродукты, газ, цветные металлы и пр. полезные ископаемые) в 2017 г. составил 2,6 трлн. долл. США, а контейнерные перевозки в трансконтинентальном сообщении 4,2 трлн. долл. США.

По тоннажу контейнерные перевозки составляли в 1990 г. только 5,8% общего объема морских перевозок, но к 2017 г. их удельный вес увеличился до 17,1% [1, p. 9].

Контейнер не только позволил существенно сократить время погрузки и разгрузки грузов, но и оказал определяющее влияние на глобальный доступ к товарным рынкам. Современные масштабы и номенклатура массовых перевозок промышленных товаров и межконтинентальной торговли, были бы невозможны без контейнеризации и логистики.

В связи с контейнеризацией важным фактором в управлении на транспорте стало строительство мощных мультимодальных транспортно-логистических центров по перегрузке, обработке, хранению, распределению, комплектованию грузов, а также информационного и правового сопровождения товарных потоков, в первую очередь, на трансконтинентальных направлениях, в морских портах. Такие центры позволили принимать и обрабатывать значительные объемы продукции, сохраняя высокое качество товаров в процессе транспортировки и перегрузки с одного вида транспорта на другой, и одновременно сокращая сроки доставки от производителя или продавца к покупателю.

Действие всех этих внешних и внутренних детерминант в совокупности выразилось в более высоких темпах роста отраслей транспортного комплекса по сравнению с мировой экономикой в целом, что наблюдалось вплоть до мирового финансово-экономического кризиса 2008-2009 гг., а в некоторых его отраслях – и в восстановительном периоде (Табл. 2).

Таблица 2. Темпы ежегодного прироста основных показателей развития мировой экономики и транспорта (%, в среднем за период)

Показатель	Периоды, годы	
	1996-2005	2005-2015
Мировой ВВП	3,7	2,6
Мировой экспорт	5,9	2,8
Грузовые перевозки:		
морские, контейнерные	6,4	2,9
железнодорожные	4,0	1,2
автомобильные	6,9	1,0
Пассажирские перевозки	4,2	4,1

Примечание: Для проведения расчетов объема перевозок использовались натуральные показатели: млн. контейнеров (TEU), млн. т-км (грузоперевозки), млн. пассажиро-км (пассажирские перевозки), для ВВП и мирового экспорта – долл. США в постоянных ценах.
Источники: составлено или рассчитано автором по базам данных Мирового банка, ВТО,

Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

В морском грузовом транспорте наблюдается очень уровень конкуренции, что обспечивает низкие тарифы. В результате морская составляющая стоимости доставки одного контейнера TEU в сообщениях Азия – Европа и Азия – Северная Америка составляет в среднем 1000 долл. ± 200 долл. Но сквозной тариф в целом определяется в значительной степени в зависимости от удаленности пунктов отгрузки и назначения от морских портов (Табл. 3).

Таблица 3. Сравнительная цена доставки одного контейнера FEU из Чунцина в Дуйсбург*

Транспорт	Расстояние, тыс. км	Время в пути, дни	Сквозной тариф, тыс. $/FEU	Субсидия, тыс. $/FEU	Цена, тыс. $/FEU
Железная дорога (через Россию)	11	15-17	8-9	3,5-4	4,75
Смешанный:	20,4	33	3,2	0	3,2
Чунцин – порт Шэньчжэнь (ж/д)	1,5	2	0,9	0	0,9
Шэньчжэнь - Гамбург (море)	18,5	30	1,5	0	1,5
Гамбург - Дуйсбург (ж/д)	0,4	1	0,8	0	0,8

Примечание: FEU – это сорокафутовый контейнер (Fourty-foot Equivalent Unit), равный двум TEU.
Источник: [6, p. 38].

Как видно из табл. 3, в мультимодальной транспортировке из Центрального Китая (г. Чунцин) на территорию Германии (г. Дуйсбург) стоимость доставки по морю из порта Шэньчжэнь в порт Гамбург одного контейнера FEU (равно двум контейнерам TEU) составляет порядка 1500 долл. США, в то время как наземная перевозка этого же контейнера на расстояние в десять раз меньшее, чем по морю, обходится в 1700 долл. США.

Государственное управление транспортными перевозками в Китае заключается в мощной поддержке железнодорожных перевозок. Существующие маршруты из центральных, западных и северо-восточных районов Китая в Европейский союз (ЕС) через Казахстан и Россию конкурентоспособны только при значительном субсидировании железнодорожного транспорта, которое осуществляют администрации провинций страны. Так, субсидия города Чунцин на каждый контейнер FEU, следующий в направлении ЕС, составляет около 50% сквозного тарифа, что позволяет транспортным компаниям везти товары по железной дороге вместо морской транспортировки.

Инвестиционные процессы в транспортно-логистической инфраструктуре

Инвестиционные процессы в транспортно-логистической инфраструктуре (автомобильные и железные дороги, морские и речные порты, аэропорты, подъездные пути, системы навигации, информационного обеспечения, безопасности и пр.) идут в мире с различной интенсивностью.

В развитых странах Европы инфраструктура разворачивалась в основном в первые десятилетия после Второй мировой войны. Строились дороги, восстанавливались порты и аэропорты. Высокие темпы экономического роста в тот период образовывали материальные предпосылки для сооружения современных инфраструктурных объектов.

Существенный толчок для инфраструктурного роста также дала глобализация, начавшаяся в 1980-е годы. Она привела в движение производство и капитал. Дополненная компьютеризацией и логистикой глобализация привела к новому качеству инфраструктуры, управлению потоками транспортных средств, выявлению оптимальных маршрутов и траекторий доставки товаров по всему миру.

В 1990-е годы в развитых странах появилось государственно-частное партнерство (ГЧП) при сооружении инфраструктурных объектов, как новая система управления в инфраструктуре. ГЧП позволило в дополнение к государственным средствам привлекать в инфраструктурные проекты частные инвестиции. И сейчас ГЧП считается уже основным инструментом строительства и модернизации инфраструктуры во всех странах.

Отрасли транспортной инфраструктуры финансировались в зависимости от того, какие виды транспорта получали приоритет. Последние три десятилетия опережающий рост в развитых странах имели инвестиции в такие отрасли, как морские порты за счет контейнеризации и аэропорты.

В развивающихся странах инфраструктура сооружалась по мере того, как они втягивались в международное разделение труда либо в ходе притока иностранных инвестиций. Для развертывания производственных мощностей обрабатывающей и добывающей промышленности в этих странах требовалось создание энергетических, транспортных, инженерных объектов, чтобы обеспечить потребности развития производства. Наиболее ярко бурные инвестиционные процессы протекали в Китае, который за последние два десятилетия построил новейшие и самые крупные в мире морские порты и причалы, позволяющие ему отправлять и принимать контейнеровозы длиной более 400 метров. В настоящее время из десяти крупнейших в мире морских портов семь находятся в Китае [2, p. 65].

Активное развитие наземной транспортной инфраструктуры в виде автомобильных и высокоскоростных железных дорог, мостов, путепроводов, тоннелей, аэропортов и других объектов транспортной инфраструктуры привело к тому, что в настоящее время на Китай приходится примерно половина мировых инвестиций в транспортный комплекс (Табл. 4).

Главное качество китайской инфраструктуры: новейшие технологии строительства, короткие сроки ввода в эксплуатацию, высокий запас наращивания пропускной способности на будущее. А главная тенденция последних лет: смещение строительства производственных мощностей промышленности в Центральные районы Китая, восточные и северо-восточные провинции. Это делается, во-первых, в целях их внутреннего опережающего развития, а во-вторых, для наращивания экспортного потенциала в континентальные страны Азии и, возможно, в Россию и через Россию в Европу, что требует создания соответствующей транспортной инфраструктуры (в первую очередь, железных и автомобильных дорог).

Таблица 4. Доля инвестиций на транспортную инфраструктуру в ВВП основных стран, %

Страны	Доля в ВВП, %				2015 г.,млрд. евро
	Годы				
	2000	2005	2010	2016	
Китай	2,0	3,7	4,9	5,3 (2015 г.)	526
Германия	0,9	0,6	0,6	0,6	18
Япония	1,7	1,2	1,1	0,9	37
Индия	…	0,9	0,9	1,4 (2015 г.)	27
США	0,7	0,6	0,6	0,6	97
Россия	1,9	1,3	1,3	1,1	11

Источник: [7].

Как видно из Табл. 4, в развитых странах отсутствуют резкие колебания удельных затрат на транспортную инфраструктуру в ВВП, которые на протяжении десятилетий сохраняют в целом стабильные значения. Объясняется это тем, что капиталовложения в транспортно-логистическую инфраструктуру слабо подвержены конъюнктурным колебаниям и мало чувствительны к изменению макроэкономических параметров развития, поскольку осуществляются на основе принятых правительствами долгосрочных инвестиционных программ и управления этой инфраструктурой. В то же время с наступлением спада производства правительства не только не сокращают, а даже наращивают инвестиции, в том числе и в транспортно-инфраструктурный комплекс, что было продемонстрировано во всех развитых (США, Германия, Франция, Великобритания и т.д.) и развивающихся (Китай, Индия и пр.) странах в ходе кризиса 2008-2009 гг.

В перспективе глобальные потребности в инвестициях в транспортную инфраструктуру будут увеличиваться, как в абсолютном выражении, так и, возможно, по доле в ВВП. Рост будет обеспечиваться в основном за счет развивающихся стран, но и в развитых странах необходимо будет активизировать инвестиционные процессы модернизации и нового строительства объектов транспортной инфраструктуры, а также улучшения ее качества.

Некоторое отставание ведущих стран по уровню и конкурентоспособности инфраструктуры может быть преодолено только за счет масштабных инвестиций. Отдача от инвестиций в объекты инфраструктуры наступает через много лет, и этим странам надо существенно наращивать объемы инфраструктурного строительства уже в ближайшие годы. Эффективная транспортно-инвестиционная политика в развитых странах может до некоторой степени способствовать снижению ими удельных инвестиционных затрат в транспортно-инфраструктурный комплекс, но для сохранения своего производственного потенциала и глобальной конкурентоспособности они должны будут наращивать инвестиции, по крайней мере в отдельные сегменты, в первую очередь, в строительство новых аэропортов и модернизацию железных дорог.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в своих прогнозах получает значительное увеличение ежегодного финансирования железнодорожной инфраструктуры на период до 2030 года по сравнению с тем, что было в текущем десятилетии (Табл. 5).

Таблица 5. Потребность в инвестициях в транспортную инфраструктуру в странах «Группы 20», млрд. долл. США, по паритету покупательной способности валют (ППС), цены 2008 г.

Отрасль	Ежегодные инвестиции		В целом за период	
	2009-2015 гг.	2015-2030 гг.	2009-2015 гг.	2015-2030 гг.
Аэропорты	70	120	400	1800
Порты	33	40	200	630
Железные дороги	130	270	920	4060

Источник: [8, p. 56].

Если в 2009-2015 гг. инфраструктурные инвестиции в строительство и реконструкцию железных дорог составляли по всем странам «Группы 20» 130 млрд. долл. в год (в постоянных ценах 2008 г.), то в 2015-2030 гг. эта цифра должна возрасти, согласно оценке ОЭСР, до 270 млрд. долл., т.е. более чем в 2 раза.

Портовая и автодорожная инфраструктуры развитых стран тоже находятся не в лучшем состоянии, но уровень их развития не является критическим. Доходы морских портов за счет контейнерных перевозок значительные. Средства на содержание и расширение их инфраструктуры выделяются, показатели безопасности движения и качества объектов – высокие. Поэтому в будущем, по-видимому, темпы прироста инвестиций в морские порты будут не столь существенными, как в железные дороги, что отражается в прогнозе ОЭСР.

Из всех отраслей транспортной инфраструктуры особенно тяжелая ситуация в ближайшие десятилетия будет складываться, по нашему мнению, с аэропортами в развитых странах, что потребует значительного роста инвестиций в их модернизацию, а чаще – в строительство новых аэропортов. Проблема с аэропортами, находящимися в составе крупных мегаполисов в Европейском союзе и США, осложняется еще и тем, что специалисты ожидают существенного увеличения пассажирских и грузовых перевозок авиационным транспортом в будущем. Объем мирового грузопотока, обеспечиваемого авиационным транспортом, по оценкам экспертов, будет повышаться в течение ближайших 20 лет с темпом прироста в 4,1% в год [9, p. 2], что в итоге приведет к его увеличению в 2030-е годы по сравнению с существующим сейчас в 2,5 раза.

Наблюдающийся в последние годы относительно низкий уровень инвестиционной деятельности в отраслях транспортной инфраструктуры ведущих развитых стран (~ 1% от ВВП, см. Табл. 4) и умеренный прогноз темпов роста на период до 2030 г. (Табл. 5) говорят о том, что в этих странах все же обеспечивается возможность расширенного воспроизводства. В то же время такое положение, когда доля затрат на транспортную инфраструктуру составляет менее 1% ВВП, не может продолжаться долго. Инфраструктура устаревает и чем дальше правительства развитых стран будут откладывать решение вопроса о ее модернизации и расширении, тем тяжелее могут оказаться последствия для экономики и общества.

Выводы

В глобальной транспортно-логистической инфраструктуре за последние 40 лет произошли крупные структурные сдвиги. Они привели к появлению новых отраслей: контейнеризации,

логистики и других услуг. Новейшее направление дальнейших структурных изменений связано также с кастомизацией (настройкой производства на конкретного потребителя).

Логистика, цифровизация, кастомизация, автоматизация – главные составляющие технологического прогресса в мультимодальных транспортно-логистических системах. В результате производительность труда, например, в морских перевозках достигла невиданных размеров, что находит отражение в снижении транспортных издержек, стоимости фрахта и затрат живого труда.

Морские контейнерные перевозки заняли достойное место в мировой торговле товарами и по стоимости значительно (почти в 2 раза) превосходят морскую транспортировку нефти, продуктов нефтепереработки, газа и насыпных грузов вместе взятых. В трансконтинентальных перевозках продукции обрабатывающей промышленности альтернативы контейнерной морской транспортировке нет. Конкуренция на рынке морских перевозок значительная, процессы консолидации бизнеса интенсивные и идут высокими темпами.

Для 95% товаров в трансконтинентальном сообщении срок доставки не выступает критическим параметром. На первом плане для покупателя стоят качественные показатели - «совершенный заказ» - ритмичность поставок, своевременность, укоплектованность, безошибочность доставки. Остальные 5% грузов перевозятся воздушным транспортом.

Транспортная инфраструктура была и остается в собственности или прямой ответственности и управлении государства. Правительства всех стран финансируют ее развитие из бюджета или на условиях ГЧП. Транспортировка, логистика, оказание услуг осуществляется частными компаниями без поддержки государства (в развитых странах).

Острого недостатка в мощностях транспортно-логистической инфраструктуры сейчас не наблюдается ни в развитых, ни в развивающихся странах. А если их дефицит возникает, как, например, в Китае, Индии, Вьетнаме или других развивающихся странах в условиях бума их экономического роста, то, учитывая наличие множественных и конкурирующих между собой современных технологических решений, на основе международной кооперации с передовыми транснациональными компаниями, специализирующимися в этой сфере, создание и расширение объектов транспортной инфраструктуры не вызывает в этих странах проблем.

Несмотря на моральное устаревание транспортной инфраструктуры в развитых странах никаких особых проблем с ее функционированием нет – расширенное воспроизводство в отрасли происходит и инвестиции выделяются правительствами в достаточном объеме. Относительно низкая доля расходов на транспортную инфраструктуру в ВВП этой группы стран свидетельствует не о недофинансировании, а об эффективности государственных затрат, государственного управления и регулирования.

Литература

1. The Review of Maritime Transport 2018. UNCTAD. 2018. 102 p. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf
2. ITF Transport Outlook 2017. OECD Publishing, Paris. 2017. 221 p.
3. https://www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2017_9789282108000-en
4. World bank Database. GDP (current US$). https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD
World Trade Statistical Review 2018. Geneva, WTO. 2018. 4. https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2018_e/wts2018_e.pdf
5. Global Value Chains and Development: Investment and Value Added Trade in Global Economy. A Preliminary Analysis. Geneva, UNCTAD, 2013. 32 p. http://unctad.org/en/publicationslibrary/diae2013d1_en.pdf
6. Транспортные коридоры Шелкового пути: потенциал роста грузопотоков через ЕАЭС. — СПб.: ЦИИ ЕАБР, 2018. — 74 с.
7. https://eabr.org/upload/iblock/c2a/EDB-Centre_2018_Report-49_Transport-Corridors_RUS.pdf
8. Total inland transport infrastructure investment per GDP. OECD Database. https://stats.oecd.org
9. Strategic Transport Infrastructure Needs to 2030. OECD. 2012. 248 p. https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264114425-en
10. Worldwide Market Forecast 2018-2037. Japan Aircraft Development Corporation. 2018. 108 p. http://www.jadc.jp/files/topics/140_ext_01_en_0.pdf

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ

Ерешко Ф.И., Гасанов И.И., Горелов М.А.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, Россия, г. Москва ул. Вавилова д.40

fereshko@ccas.ru

Аннотация: Рассматриваются проблемы управления в связи с активным развитием идей цифровизации общества. Утверждается мнение, что основой принятия решений в экономике станут вычислительные, или цифровые, платформы, отражающие отдельные функциональные отрасли. Рассматривается управление производственными системами, имеющими аддитивный характер. Проводится сравнение централизованного и децентрализованного управления, предлагается парадигма гибридного управления. В рамках теории иерархических игр исследуется вопрос создания и управления коалицией игроков.

Ключевые слова: цифровизация общества, вычислительные платформы, модели, аддитивное производство, информация и управление, теория иерархических игр, технология блокчейн, централизация vs децентрализация, гибридное управление, организация коалиций.

Введение. Цифровое общество и экономика. Проблемы управления цифровыми платформами

В настоящее время общество переживает период активного проникновения информационных технологий во все сферы жизнедеятельности, бурно развивается информационное общество и цифровая экономика (digital economy). Цифровая экономика базируется на цифровых компьютерных технологиях, её продукты находят применение в разнообразных отраслях реального производства товаров и услуг.

Сейчас распространено определение цифровой экономики как *экономики данных*. Однако памятуя определение Н. Вирта, что программирование – это алгоритм и структура данных, имеет смысл говорить о цифровой экономике как об *экономике алгоритмов и данных*. Вслед за этим, мы обращаемся к понятию *математического моделирования*. Ведь современные достижения цивилизации напрямую связаны с использованием понятия модели, что нашло своё отражение во всех разделах естествознания и, более широко, культуры.

Цифровая экономика в широком смысле этого слова – это вся экономика, насыщаемая цифровыми продуктами. В результате широкого распространения электричества и внедрения конвейера, начавшегося в конце XIX и продлившегося до начала XX века, возникло новое массовое производство, и можно было говорить об электрической экономике. Точно так же можно было говорить о нефтяной экономике. Имеет смысл говорить о цифровом этапе развития экономики.

Цифровая экономика в узком смысле слова – это экономика, основанная на цифровых компьютерных технологиях, выпускающая цифровые продукты.

Примеры цифровых продуктов – это продукты умственного и с минимальным количеством физического труда, произведенные с использованием интеллектуальных технологий и вычислительных средств: это числа π и e, физические и химические константы, алгоритм Евклида, пси-функция Шредингера, эффект ядерной зимы, результаты вычислительных экспериментов, система алгоритмов. В ряду этих продуктов находятся теперь и цифровые валюты.

Цифровые технологии, основанные на аппаратном и программном обеспечении и сетях, не являются новшеством, но с каждым годом уходя все дальше от третьей промышленной революции, становятся все более усовершенствованными и интегрированными, вызывая трансформацию общества и глобальной экономики. (К.Шваб).

Технологической базой Цифровой экономики являются вычислительные комплексы, оснащённые специальным программным обеспечением на основе математических моделей, - это вычислительные платформы.

Многие мыслители предвосхищали наступление новой эпохи, один из ярких футурологов – Э.Тоффлер. Его книга [1], в английском издании «The Third Wave: The Classic Study of Tomorrow», 1980 г. в изложении Н.Н.Моисеева на семинарах оставила свой след в нашем сознании, но имела в то время характер далёкого и абстрактного образа будущего мира. Тем ярче выглядит прочтение этих мыслей сейчас.

Приведём некоторые тезисы книги 1980 года, поместив их в кавычки.

«С наступлением второй индустриальной волны СМИ заняли ключевое место в стандартизации поведения, необходимой для индустриального производства. С 1970-х годов число микро-СМИ увеличилось лавинообразно. Всё это приводит к грандиозному скачку в объемах информации, которой мы все обмениваемся. Главным противоречием современности будет противоборство между защит-

никами отжившей свое индустриальной цивилизации и сторонниками идущего ей на смену информационного общества (1970-2025 гг.)».

Книга-манифест [2] Клауса Шваба, лидера Давоса, провозглашающая основной тренд развития мировой экономики в направлении взрывного характера рождения цифровых технологий, убедительно демонстрирует, что современное состояние общества в значительной степени определяется цифровизацией.

В работе [2] приведена фраза «…Дизруптивные изменения, которые несет четвертая промышленная революция, переопределяют деятельность государственных учреждений и организаций… Новые технологии и социальные группировки и взаимодействия, которые ими обеспечиваются, позволяют практически кому угодно оказывать влияние на ситуацию и при этом такими способами, о которых невозможно было бы подумать еще несколько лет назад…»

Одной из таких технологий является *технология блокчейн* (специальная технология ведения распределённых реестров с использованием криптографических алгоритмов и алгоритмического достижения консенсуса).

Можно предположить, что основой принятия решений в экономике станут вычислительные, или цифровые, платформы, отражающие отдельные функциональные отрасли.

1. Отечественные достижения. Развитие идей

В отечественных работах, которые велись в разных научных школах во многих академических институтах в областях теории управления и поддержки принятия решений были получены значимые результаты в системном анализе, теории оптимизации, исследовании операций, теории игр, моделировании экономических процессов, теории управления [3–15]. В книге [12], в которой были суммированы идеи управления экономическими системами, накопленные к тому времени, был принципиально поставлен вопрос о новом значении информации в жизни общества и описана трехуровневая в территориальном аспекте система ЭВМ, которые, накапливая и обрабатывая информацию, генерировали бы проекты государственных планов и реализовывали бы функции принятия решений. Система получила название Общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС).

В художественной форме эти идеи сейчас описываются в американской литературе: https://rg.ru/2016/11/01/v-ssha-vyshla-kniga-o-dostizheniiah-sovetskih-kibernetikov.html, http://inosmi.ru/science/20161023/238054065.html.

«Идея Глушкова заключалась в том, чтобы перейти к эпохе электронного социализма. Он назвал свой невероятно амбициозный проект Общегосударственной автоматизированной системой (ОГАС). Она предназначалась для оптимизации и технологической модернизации всей плановой экономики. Он считал, что такая система должна принимать экономические решения в соответствии с государственными планами, а не по рыночным ценам, однако полагал, что ее работа ускорится благодаря компьютерному моделированию, и она сможет прогнозировать равновесие платежного баланса еще до его достижения. Глушков хотел, чтобы решения принимались оперативнее и с умом, и даже задумывался об электронных деньгах**.** Ему был нужен кошелек Политбюро».

Вот ещё пример – книга «Как НЕ опутать сетью страну: Непростая история советского Интернета». Ее автор, профессор коммуникационных технологий Университета Тусла Бенжамин Петерс довольно подробно рассказал о работе выдающихся советских ученых-кибернетиков Виктора Глушкова и Анатолия Китова, которые занимались разработкой передовых электронно-вычислительных технологий.

Американское сообщество исследователей информационно-коммуникационных технологий встретило книгу Петерса с большим интересом. «Она заполнила пробел в истории интернета, подчеркнув, насколько важны преемственность и открытость для сетевых разработок», – заявил профессор Джонатан Зиттрейн из Гарвардского университета. Автор книги, по мнению Зиттрейна, проделал колоссальную работу, представив широкой публике факты, о которых на Западе даже не догадывались. «К примеру, в книге не раз подчеркивается, что и советские, и американские ученые практически одновременно делали важные шаги на пути развития компьютерных технологий. Причем СССР нередко обгонял США. Так в конце 1969 года в Америке была запущена компьютерная сеть ARPANET (прародитель Интернета). В Советском Союзе идею связать ЭВМ единой сетью впервые озвучил Анатолий Китов еще в 1959 году, предложив создать единую автоматизированную систему управления для вооруженных сил. А первые наработки в гражданской сфере появились в 1962 году, когда Виктор Глушков представил проект Общегосударственной автоматизированной системы учета и обработки информации (ОГАС), которая предназначалась для автоматизированного управления всей экономикой СССР».

Однако этот проект по тем временам был, во-первых, слишком затратным, во-вторых вызвал сильное противодействие системы управления (см. http://zavtra.ru/blogs/tcifrovaya_ekonomika_i_sovetskaya_ekonomika), и в результате не получил поддержки.

Но если в СССР это не получилось, то что же сейчас?

Сейчас не нужно тратить деньги на вычислительную сеть, – уже есть Система распределённых ситуационных центров (СРСЦ) [16], и частным образом общество насыщено смартфонами. Успешно развита теория принятия решений и имеется опыт разработки систем управления социально экономическими системами [17,18].

Проблема в том же самом: существует ли реальный запрос общества и власти в новых технологиях управления? Ответ созреет постепенно, сейчас неясен.

Во всяком случае, происходит постепенное развитие в осознании представителями государства и бизнеса необходимости трансформации управления в сторону цифровизации производственных технологий.

Это означает формализованное описание производственных технологий в модельном виде, и затем использование моделей в системах автоматизированного управления на основе баз данных.

Приведём пример современного развития и разработок платформ [19,20].: Блокчейн платформы, Таблица 1.

Для нашего изложения важно, что все Платформы содержат в себе модели управляемых объектов и управляющих субъектов.

В директиве Д. Трампа по развитию Искусственного интеллекта: https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/ 11 февраля 2019 указывается, что «В результате нашего долгосрочного акцента на фундаментальные исследования и разработки, Америка была лидером в ИИ (AI) с момента его создания. Американская инициатива ИИ будет опираться на этот успех, используя нашу НИОКР (R & D), экосистему промышленности, научных кругов и правительства и приоритезируя федеральные инвестиции передовых идей, которые могут принести непосредственную пользу американскому народу. Неотъемлемой частью инициативы станут федеральные агентства, разрабатывающие бюджеты НИОКР в области ИИ для поддержки их основных задач. Но для воплощения этих идей в реальность нам нужна инфраструктура. Для ИИ это означает данные, модели и вычислительные ресурсы».

Если ставить проблему использования технологий ИИ в задачах управления, прогнозирования, в финансах, то необходимо иметь модели предметных областей, адаптированные к применению алгоритмов на основе схем ИИ. Именно через разработку моделей мы и можем войти в этот тренд.

Роль моделей становится приоритетной. Практичны ли теории контрактов.

Контракт – это совокупность правил, структурирующих в пространстве и во времени обмен между двумя (и более) экономическими агентами посредством определения обмениваемых прав и взятых обязательств и определения механизма их соблюдения.

Роль моделей в управлении, в принципе, осознаётся на всех уровнях иерархии власти

Контракты представляют собой правила, «обслуживающие» (т.е. координирующие) различные обмены. Наиболее распространенной формой являются рыночные обмены, однако в целом разнообразие видов обменов гораздо шире.

Ответ на этот вопрос и вообще зачем нужны формальные модели, в частности теория игр? дал Нобелевский комитет в пресс-релизе при выдаче премия 2016 года по экономике (по теории контрактов): «В современной экономике содержится неисчислимое число контрактов. Новые теоретические инструменты, созданные авторами (Hart и Holmström), ценны для понимания реальных контрактов и институтов, а также для учёта возможных подводных камней в разработке контрактов. Их анализ оптимальных контрактов закладывает интеллектуальный фундамент для разработки стратегий и институтов во многих областях, от законодательства о банкротстве до политических конституций».

Эти слова идеально подходят к отечественным теориям.

Обратимся к переводу книги Ю.Б. Гермейера [6], сделанному большим знатоком этапов развития теории игр и вообще принятия решений (RAND Corporation) к тому времени (1983-1986), профессором А.Б. Рапопортом.

В Предисловии к переводу книги А.Б. Рапопорт пишет:

«Outside the Soviet Union, analysis of this sort has been largely centred on bargaining processes, where the underlying game structures are, for the most part, rather elementary. In the work of Germeier and his

disciples , the framework in which the process (including much more than bargaining) occurs has been greatly extended and diversified/

A topic of particular interest , one to which Soviet game theorists have devoted considerable attention, is that of so-called hierarchical games, which can be construed as models of a planned economy with varying degrees of centralization or decentralization».

«За пределами Советского Союза анализ такого сорта был в основном сосредоточен на процессах установления цены, где основные структуры игры, по большей части, довольно элементарны. В работе Germeier и его учеников, структура, в которой происходит процесс (включая намного больше, чем торговля), была значительно расширена и разносторонне развита.

Особенно интересной темой, одной из многих, которой советские теоретики игры уделили значительное внимание, является тема так называемых иерархических игр, которые могут быть истолкованы как модели плановой экономики с различными степенями централизации или децентрализации».

Представляется, что эта оценка с одной стороны позитивна, а с другой стороны сыграла отрицательную роль, поскольку сместила акценты мнений западных коллег-экономистов, слишком привязав теорию иерархических игр к образу плановой экономики, имеющей для них негативный характер (кроме, Дж. Стиглица). Что необоснованно, поскольку принцип гарантированного результата не исключает равновесия, это замечательно иллюстрируется на примере теоремы о существовании седловой точки в играх с противоположными интересами.

Таблица 1.

Сравнение платформ для построения блокчейн-сетей*

ДОМ РФ @BLOCKCHAINRF ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛ

*На основе открытых источников

ethereum	Мастерчейн	HYPERLEDGER Fabric	EXONUM	c·rda
Описание: Самый популярный проект в мире для создания публичных блокчейн-приложений. Работает глобальная сеть для создания решений, доступных во всем мире.	**Описание:** Закрытая платформа на базе модификации протокола Ethereum, с доработками под законодательство РФ. ГОСТ шифрование.	**Описание:** Открытая платформа от мирового разработчика для организации коммерческих взаимодействий со строго регулируемым списком участников.	**Описание:** Открытый фреймворк, для разработки полноценных приложений с использованием распределенной БД.	**Описание:** Платформа для обмена B2B сообщениями/уведомлениями для технической и юридической фиксации фактов в децентрализованной системе. Юридическая фиксация подкрепляется автоматическим созданием текстового договора и его подписанием юридически значимыми электронными подписями участников.
Целевая аудитория: создание **публичных** решений с открытыми данными.	**Целевая аудитория:** платформа для финансового сектора и коммерческих организаций, соответствует законодательству РФ.	**Целевая аудитория:** коммерческий сектор. Ведение доверенных распределенных баз данных.	**Целевая аудитория:** Для разработки публичных и частных сетей. С доработкой платформы под каждого заказчика.	**Целевая аудитория:** участники финансового сектора, операции по учету активов, проведению финансовых сделок в закрытом канале.
Разработчики: Ethereum Foundation + большое открытое сообщество	**Разработчики**: Ассоциация ФинТех.	**Разработчики:** консорциум *Hyperledger*.	**Разработчики:** компания BitFury.	**Разработчики**: консорциум R3: Консультанты: Barclays, Bank of America, HSBC, Citi, Royal bank of Canada и другие.
Особенности: Самое большое сообщество разработчиков с высокой компетенцией по знанию платформы. Простота платформы. Смарт-контракты являются частью неизменной сети.	**Особенности:** ГОСТ подпись и шифрование (аттестация в 2018). Готовые и востребованные рынком ФинТех продукты по модели *As a Service*. Майнинг у ограниченных участников	**Особенности:** Возможность настройки нескольких блокчейн - сетей, используя один клиент. Легкое обновление логики смарт-контрактов владельцем смарт-контрактов. Легкое администрирование списка участников сети через выдачу и отзыв сертификатов. Отсутствует майнинг. Гибкая балансировка нагрузки.	**Особенности:** Гибкость в работе с внешними источниками данных. Позволяет создавать как публичные так и приватные решения. Контроль участников в сети через голосование. *Смарт-контракты* реализуются отдельно на каждом узле, в сети регистрируется описание смарт-контракта, условие для успешного выполнения контракта – идентичная реализация у большинства валидаторов. Отсутствует майнинг. Фиксация среза базы данных.	**Особенности:** Работа в формате утверждения фактов, а не в режиме базы данных. Содержание сообщений открываются только списку участников и, при необходимости, регулятору. При правильной работе формирует связи между созависимыми объектами. Высокая гибкость. Отсутствует майнинг.
Модель сети: одноранговая сеть, все участники равны.	**Модель сети:** одноранговая сеть с управляемым доступом.	**Модель сети:** *многоролевая*: пользователи сети, администратор сети (УЦ); узлы – валидаторы операций над своей зоной ответственности (конкретные смарт-контракты, операции над конкретными сущностями в БД (акции, облигации, денежные переводы); обслуживающий сервис для снижения нагрузки на простых участников.	**Модель сети:** *многоролевая*: легкий клиент для удаленной работы с базой данных; полный клиент для хранения базы данных; ограниченная группа лиц, именуемые «узлы-валидаторы» для исполнения транзакций, контроля изменений в базе данных и контроля списка участников через голосование.	**Модель сети:** *многоролевая*: *пользователи* сети, *пользователи*, подключаемые для выполнения разовой валидации, *оракулы* – узлы, ответственные за валидацию информации из внешней среды (курс валюты по ЦБ, мировое время и т.д.), *нотариусы* – необязательные участники сети, независимые валидаторы сети; администратор участников сети
Подключение участников: любой может стать участником сети	**Подключение участников:** администратором сети.	**Подключение участников:** через выдачу сертификатов удостоверяющим центром	**Подключение участников:** методом голосования среди привилегированных участников сети. **Риски:** Риск рассинхронизации версий клиента.	**Подключение участников:** через выдачу сертификатов удостоверяющим центром
Риски: риск получение контроля злоумышленником над всей сетью при достаточной мощности. Отсутствует контроль над списком участников. Обязательный майнинг. Ограничение на максимальную сложность логики смарт-контрактов.	**Риски:** Возможное отставание по версии, из-за необходимости получать обновлений от проекта Ethereum, в том числе, обновления безопасности. Закрытое развитие платформы. Обязательный майнинг. Ограничение на максимальную сложность логики смарт-контрактов.	**Риски:** низкая компетенция специалистов в РФ и малый размер сообщества.	**Проекты:** 1. Проект ДДУ, взаимодействие Росреестр-Фонд(АИЖК) 2. Регистрация прав собственности (NAPR, Грузия) 3. Цифровой контракт (ВЭБ) 4. Третейская оговорка – прототип (Сбербанк)	**Риски:** узконаправленность платформы: финансовый коммерческий сектор
Проекты: 1. Проект правительства Москвы «Активный гражданин» 2. Проект удаленной идентификации – IDChain (РосЕвроБанк, Microsoft) 3. Цифровой аккредитив (ВЭБ) 4. Проект по обмену реквизитами банков (банк «Открытие», банк «Ак Барк», Сбербанк, АФТ, ВТБ) 5. Факторинг. (М.Видео, Сбербанк)	**Проекты:** 1. Проект Электронная Закладная (децентрализованный депозитарный учет закладных) - Сбербанк, АФТ, АИЖК 2. Проект КУС (Know Your Customer) - Обмен информацией о физических лицах между участниками сети (Банк Открытие, АФТ) 3. Распределенный реестр цифровых банковских гарантий (ВТБ, АФТ) 4. Цифровой аккредитив (Альфа-Банк, АФТ)	**Проекты:** 1. Платформа по выпуску облигаций (НРД) 2. Системы дистанционного банковского обслуживания финансовых институтов (Сбербанк)		**Проекты:** около 50 проектов 1. MarcoPolo для оптимизации торгового финансирования 2. HQLAx - биржа токенизации высоколиквидных активов

2 Вариант централизованной системы Компании-интегратора (Центр).

Рассмотрим экономические системы, в которых технологически производство и поставка материалов имеют аддитивный характер, разбивается на стандартные этапы, которые составляют некоторую последовательную цепочку и выполняются разными компаниями-исполнителями.

2.1 Особенности материального потока аддитивной деятельности.

Исходный продукт претерпевает трансформацию (переделы) вплоть до конечного состояния. Движение продуктов может быть проиллюстрировано следующей схемой. На схеме узлы дерева представляют пункты изготовления и сборки компонентов продукта, стрелки – движение этих ком-

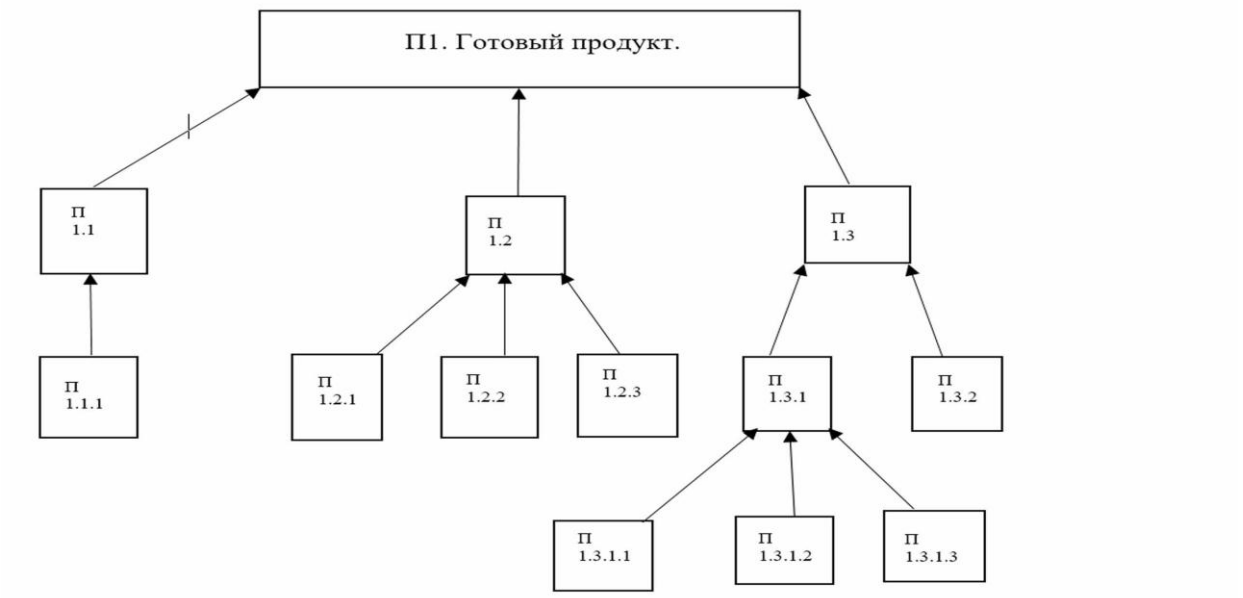
понент по производственной линии. В нумерации узлов числа без последнего – это номер узла на следующем уровне выше, для которого готовится данная компонента, последнее число – номер компоненты для сборки на следующем уровне. В корне дерева окончательная сборка (монтаж) того продукта, изготовление которого обеспечивается логистической операцией. Это могут быть товары для продажи, информационные стенды, рекламные буклеты и т.д.

Часть компонент предварительно могут аккумулироваться и храниться на складах, которые тоже должны быть представлены как узлы дерева.

В простых случаях дерево может состоять из одномерной цепочки. Также простая операция может сводиться к дереву всего двух уровней.

В случае децентрализованной системы в компетенцию схемы управления входит и выбор участников операции, т.е., по сути, формирование производственного дерева. При осуществлении рассматриваемой аддитивной деятельности имеют место три потока: материальный (физический), информационный и финансовый. Все они привязаны к структуре производственного дерева. Организация каждого из них должна быть предметом отдельного рассмотрения.

Децентрализованная схема предполагает создание коалиции независимых участников, связанных между собою определёнными обязательствами и взаимодействующими согласно определённому производственному механизму. Этот механизм будет рассмотрен в дальнейших разделах настоящей работы.



2.2 Описание организации централизованной системы

Ниже описывается примерная организация такой системы и необходимые действия для её формирования. Описываемая система представляется открытой коалицией компаний-участников. Участники посредством интернета объединены в единую информационную сеть, используют сервисы системы и пользуются единым протоколом передачи данных. Коалиция открыта в том смысле, что её состав может меняться во времени – какие-то компании могут к ней присоединяться, какие-то отпадать.

Текущая и прошлая информация о заказах и операциях по их исполнению хранится и дублируется (с целью защиты от потери и искажения) на нескольких серверах головной Компании. Информация в оговоренной мере доступна всем участникам коалиции.

Головная компания занимается организацией цепочек операций. Взаиморасчёты контрагентов в цепочке поставок могут вестись через бухгалтерию головной Компании или автономно. Но в любом случае все транзакции прежде, чем быть исполненными, должны визироваться головной Компанией. Существенным моментом в функционировании проектируемой системы является формирование цепочки исполнителей для операции. Здесь возможны разные подходы. Один подход состоит в том, что Компания сама выбирает соисполнителей каждого этапа поставки из числа участников Коалиции. В этом случае возникает достаточно нетривиальная многокритериальная оптимизационная задача по выбору исполнителей так, чтобы минимизировать сроки операции, вложения и общие затраты.

Другой подход состоит в том, что Компания через информационную сеть публикует данные о намечаемой операции: поэтапные объёмы, сроки, номенклатура, и т.п. Члены коалиции в ответ делают заявки на участие в операции, а Компания делает между ними выбор исполнителей. В рамках та-

кого подхода Компания может устраивать аукционы (тендеры) для участников с целью поиска наименее затратных решений. Одна из моделей формирования коалиций излагается ниже.

Следует отметить, что создание системы не отменяет вполне институт инспекторов.

Исходя из изложенного выше, перечислим существенные разделы в организации: программно-аппаратные требования, каждый участник имеет право на ведение всего реестра операций, в той его части, которая оговорена условиями коалиции; технические требования к центральным серверам информационной сети; разработка топологии сети, обеспечивающая оперативную связь между участниками и их связь с центральными серверами; выбор протоколов передачи данных по сети между участниками и серверами; регламентация форм для передачи информации между участниками и на центральные сервера, формы данных о состоянии ресурсов участников; договоры должны быть так регламентированы, чтобы их формальная корректность могла проверяться программно; договоры между участниками могут помимо публичной иметь скрытую, конфиденциальную часть, требуется выбрать технологию шифрования таких данных; . следует определиться, обязаны участники или нет передавать на центральные серверы конфиденциальные данные, хотя бы и в зашифрованном виде. Это может быть необходимо для разрешения возможных споров между исполнителями; Следует определиться, какая часть единого реестра доступна участникам. Это может быть весь реестр в его публичной части или только договора всех участников, но не их ресурсы, или только история договоров участника, делающего запрос и т.п.; общий объём данных может оказаться весьма обширным, следует выбрать эффективные методы индексирования данных и, возможно, их хеширования для быстрого поиска в общем реестре операций; разработка подходов к решению задачи по выбору исполнителей цепи поставки либо разработка регламента для аукционов; определение способов инспектирования исполнения работ.

2.3 Замечание о рисках

Для разработки механизмов предотвращения сбоев и ликвидации их последствий в случае их возникновении потребуются дополнительные исследования. Представляется маловероятным разрешение проблем нестыковок и сбоев без участия Центра.

Возможны отклонения о заданной программы, несогласованность утверждений участников о полном исполнении своей части договора и другие реализации неопределённых факторов. Данные обстоятельства ограничивают пределы децентрализованных решений.

3 Вариант модели децентрализованного управления системы

3.1 Описание имитации

Опишем в общих чертах проект *имитационной модели* сообщество производителей, их коалицию. Производители объединяются для некоторой деятельности, некоторого производства. Это могут быть производители очень разных изделий. Важно, что их совместная деятельность необходима для создания конечного продукта. Целью объединения является создание рынка заказов на изделия выбранного ассортимента и условий для их эффективного изготовления. При этом участники остаются независимыми производителями и вольны выполнять как заказы, пришедшие от коалиции, так и любые другие, согласно их возможностям и ресурсам.

Предполагается, что число участников достаточно велико. Так, что при выполнении заказа есть возможность выбора между исполнителями.

Далее, как и выше, сосредоточимся на рассмотрении одного абстрактного заказа на производство некоторой партии одинаковых изделий. Изделие проходит несколько стадий сборки и затем выставляется на продажу либо обозрение. Каждая стадия – это сборка элементов, деталей, которые следует рассматривать как отдельные, но промежуточные, изделия. Они тоже изготавливаются участниками коалиции, соответствующей специализации. Не обязательно только участниками – часть поставок может приходить со стороны. Разбитое таким образом на этапы производство будем называть *технологическим деревом*. Формально оно может быть представлено двунаправленным *математическим деревом* (каждая дуга имеет два направления – на уровень ниже и на уровень выше). В узлах (вершинах) дерева производится сборка продукции (в широком смысле: сборка промежуточных изделий, сопутствующих материалов, деталей), дуги вниз к поставщикам комплектующих для сборки, дуги вверх к получателям – сборщикам следующего уровня. В корне дерева заказанное изделие, в конечных (терминальных) узлах дерева производители, участники коалиции, которые получают необходимое снабжение только извне коалиции, самостоятельно. Когда для всех узлов технологического дерева выбраны исполнители заказа и проект сформирован, то такое дерево будем называть *производственным*. Участники коалиции не обязательно привязаны к одному определённому уровню технологического дерева. Какие-то строго специализированы, какие-то более универсальны.

В методических соображениях опишем вначале координирующее централизованное управление подобно тому, как сформулировано выше. Пусть имеется некоторый выделенный координатор производства – Центр. Все участники коалиции в режиме реального времени предоставляют Центру информацию о текущих возможностях и сроках производства изделий из своего ассортимента при условии достаточного снабжения материалами следующего уровня, т.е. необходимыми деталями. А также, о добавляемой ими стоимости в производство продукции. Кроме того, Центр использует граф транспортной сети между участниками, с указанными стоимостями перевозок от участника к участнику или на промежуточные склады. При этом транспортные компании и склады также могут выступать как самостоятельные участники коалиции.

Когда в Центр поступает очередной заказ на производство партии каких-то профильных изделий, перед Центром возникает задача это производство организовать. Он, ориентируясь на ресурсы участников, цены производства, складирования и перевозок, должен выбрать конкретных производителей во все узлы производственного дерева. Если пытаться оптимизировать этот выбор по срокам и стоимостям, то возникает очень нетривиальная задача, вряд ли имеющая строгое решение. И для автоматизации процесса можно изобретать всякие эвристики.

Другой подход к управлению производством в коалиции кажется более привлекательным и выглядит перспективным. Он содержит существенные признаки *децентрализации и даже блокчейна* в конструировании производственного дерева и отслеживании производственного процесса. Однако он не является полностью децентрализованным. Полностью отказываться от координации процессов Центром вряд ли целесообразно. Можно назвать его гибридным.

3.2 Гибридная организация

При гибридной организации производства все участники автономны в своих производственных возможностях и связаны компьютерной сетью. Каждый участник имеет свой идентификатор сети и связан каналами связи с некоторым множеством других участников. Это сходно с системами блокчейна. Сама сеть может формироваться не стихийно, а Центром. Имеется в виду, что Центр может назначать участникам соседей по графу сети. Всё организовано так, что всякая новая информация гарантировано и оперативно доставляется всем членам коалиции.

При такой организации производства формирование производственного дерева происходит в несколько этапов. Центр принимает заказ от очередного Заказчика на изготовление партии изделий и публикует этот заказ в сети. Чтобы заказ был выполнен, должны прийти предложения от участников на его выполнение. На первом шаге этого первого этапа должны найтись участники коалиции, желающие сделать окончательную сборку изделия, иначе, исполнители сборки первого уровня или сборки в корневой вершине дерева. (Это может быть именно сборка из деталей, а может быть монтаж стендов и т.п.). Как правило, они не могут выполнить работу автономно – нужны комплектующие. Желающие принять участие в проекте участники первого уровня посылают запрос в сеть на поставку в нужном объёме этих комплектующих. Запрос приходит ко всем участникам, в частности, к тем, кто способен обеспечить необходимые поставки. В рамках данного заказа, это будут участники 2-го уровня. Они формируют свой запрос на нужные им комплектующие и т.д. рекурсивно. По сети проходит, как бы, *нисходящая волна* вплоть до участников, претендующих на выполнение работ в терминальных узлах технологического дерева, т.е. участников, не зависящих от поставок из коалиции.

После того, как волна доходит до терминальных узлов технологического дерева, начинается обратное движение *восходящей волны*. Участники, претендующие на участие на предпоследнем уровне технологического дерева, получают предложение с последнего уровня. Эти предложения содержат сроки и цены поставок с учётом транспортных и складских расходов. После этого участники предпоследнего уровня могут сделать выбор между поставщиками, рассчитать сроки для выполнения своей части работы и стоимость их продукта. Эти данные также поступают в сеть. Дальше рекурсивно то же происходит на уровне выше и т.д. Когда восходящая волна доходит до корня дерева, Центру остаётся только выбрать между предложениями участников 1-го уровня. Таким образом, проект оказывается, по существу, сформированным. Дальше Центр запускает ещё одну нисходящую волну, подтверждая свой выбор производителя первого уровня. Выбранные для проекта участники на каждом из уровней транслируют свой выбор ниже, и проект может начать исполняться.

Такую систему выбора исполнителей проекта можно рассматривать как систему *множественных аукционов*. Каждый исполнитель выбирает поставщиков, руководствуясь какими-то своими соображениями. В принципе, правила выбора могут быть регламентированы, а сама процедура выбора прозрачной для членов коалиции.

Необходимо использоваться и другие особенности блокчейна: шифрование, защита данных от фальсификации и т.п. Всё в той мере, в какой это реально требуется для эффективной работы коалиции, а требуется, наверное, не всё.

Финансовые и другие производственные отношения между производителями смежных узлов дерева могут строиться автономно. Но роль Центра по-прежнему велика. Вот примерный список функции, которые не сводятся к переговорам с заказчиками.

Организация и поддержание компьютерной информационной сети, связывающей участников коалиции.

Мониторинг исполнения заказов. Предупреждение сбоев в исполнении заказов. Технологическое вмешательство в производственный процесс для развязки нештатных ситуаций. Это может быть оперативная замена поставщика, использование резервов поставляемых материалов. А значит, эти резервы должны быть Центром разумно организованы, храниться на складах так, чтобы могли быть вовремя задействованы, но и так, чтобы минимизировать затраты на хранение.

Разрешение хозяйственных споров между участниками. Разрешение финансовых споров с Заказчиком в случае невозможности надлежащего исполнения заказа. и Разрешение производственных и финансовых рисковых ситуаций должен принять на себя Центр. Могут быть использованы какие-то разумные механизмы солидарной ответственности. И Центр будет распределять эту ответственность между участниками.

3.3 Описание модели

Приведём описание формальной модели, в которой имитируется выбор соисполнителей для поступающих в коалицию заказов, т.е. формирование производственных деревьев.

Зададим ассортимент конечных изделий, производимых внутри коалиции согласно внешним заказам. Назовём такие изделия корневыми и обозначим $A_{n^1}, n^1 = 1, 2, ..., N^1$.

Зададим ассортимент всех изделий (материалов), которые производятся членами коалиции и используются в производстве корневых изделий (включая и сами корневые изделия). Обозначим их $B_k, k = 1, 2, ...K$.

Каждому корневому изделию A_{n^1} сопоставляем каркас технологического дерева его производства. С точки зрения, программирования, это некоторая ссылочная структура, которая представляет абстрактное математическое дерево. В корне такого дерева заказанный продукт, остальные узлы – это производство промежуточных изделий. Вниз от узла ведут дуги к производству изделий-комплектующих к данному узлу. Вверх идёт дуга к тому изделию, для которого данный узел готовит комплектующую деталь. Каркас дерева содержит только его структуру с номерами узлов. Путь по дереву до некоторого узла может быть записан как некоторый ансамбль номеров. К примеру, ансамбль (3,2,4) это путь от корневого продукта A_3 к его 2-й комплектующей и дальше к 4-й комплектующей для изделия, обозначенного порядковым номером 2.

Далее каркас наполняется изделиями из ассортимента B_k. Для каждого узла указывается вид изделий (материалов) из множества B_k и их количество (объём, масса), требуемые для производства изделия, расположенного уровнем выше.

Задаётся множество производителей, составляющих коалицию. Обозначим их $D_m, m = 1, 2, ...M$. Каждый участник характеризуется ассортиментом изделий из множества $\{B_k\}$, которые он может производить при наличии заказов и поставок комплектующих. У каждого участника фиксированы его производственные мощности. Это некоторые линейные ограничения по каждому изделию в отдельности и по всем вместе. Кроме того, при функционировании модели в динамике рассчитываются текущие возможности участников, как разности между общей мощностью и уже задействованными ресурсами. В компьютерной реализации каждому участнику сопоставлен свой программный объект, который, по существу, представляет собой некоторую несложную линейную модель.

В общей модели также задан граф транспортной сети, связывающей участников, с указанными в нём параметрами сроков и стоимости доставки изделий от производителя к производителю. Транспортировку изделий можно рассмотреть как функцию некоторых специализированных членов коалиции – транспортных компаний, но можно не усложнять и ограничится указанным графом – и так всего много. Естественно, чтобы модель функционировала нужны задать достаточные мощности по производству каждого изделия из ассортимента B_k.

В модель целесообразно включить склады. Хранение изделий впрок может быть эффективным инструментом для обеспечения надёжности выполнения заказов. В то же время, это большая отдельная тема. Управление складской деятельностью, её оптимизация в смысле объёмов хранилищ и стоимости хранения – неисчерпаемое поле для исследований и математических спекуляций.

Формирование производственного дерева для выполнения нового заказа в модели происходит так же, как описано в начале этого текста. В модель вводятся заказы от виртуального заказчика на производство корневых изделий A_{n^1}. Заказы, их частота и объёмы моделируются некоторым случайным процессом – это не сложно.

При поступлении нового заказа на корневое изделие A_{n^1} информация о нём становится доступна всем членам коалиции. Те производители, которые занимаются конечной стадией изготовления продукта A_{n^1}, оценивают свои текущие производственные возможности и делают запрос по сети на поставку комплектующих. И так волна пойдёт. Понятно, что при машинной реализации этого процесса компьютер последовательно обрабатывает каждый программный объект отдельно и выделяет те объекты, чьи ресурсы достаточны для выполнения заказа. Каждому узлу технологического дерева ставится в соответствие множество потенциальных исполнителей.

Таким образом, в конечном итоге формируется всё производственное дерево со сроками и ценами.

4 Теоретико-игровая модель с аукционами при гибридном управлении

Рассмотрим процедуры управления Центром процессом образования коалиций при возможных механизмах аукционов, как это было описано выше. Можно сказать при переменной организационной структуре. Покажем, как в данном случае задача со многими подсистемами сводится к игре двух лиц [21-25].

Пусть имеется выделенный игрок (Центр). Он выбирает управления $u \in U$. Его интересы описываются стремлением к максимизации значения функции $g : U \times X \to \square$, где X – множество результатов деятельности нескольких агентов. Пусть число агентов равно m.

Центр обладает правом первого хода, т.е. он первым выбирает свою стратегию u и доводит информацию об этом выборе до партнеров. Зная этот выбор, агенты могут образовать несколько коалиций. Будем параметризовать возможные варианты образовавшихся коалиций элементами $\alpha \in A$. Поскольку число возможных разбиений конечного множества агентов на подмножества конечно, можно считать, что множество A конечно.

Пусть параметру α отвечает образование коалиций $K^1(\alpha),\ldots,K^{n(\alpha)}(\alpha)$ в количестве $n(\alpha)$. Каждая коалиция $K^i(\alpha)$ характеризуется множеством управлений $V^i(\alpha)$ и функцией выигрыша $h_\alpha^i : U \times V^1(\alpha) \times \ldots \times V^{n(\alpha)}(\alpha) \to \square$ (i=1,…,$n(\alpha)$). Процесс формирования множеств управлений и функций выигрыша коалиций весьма сложен и остается за пределами модели.

Если управления $(v^1,\ldots,v^{n(\alpha)}) \in V^1(\alpha) \times \ldots \times V^{n(\alpha)}(\alpha)$ выбраны, то результат x деятельности агента определяется значением $f_\alpha(v^1,\ldots,v^{n(\alpha)})$ функции $f_\alpha : V^1(\alpha) \times \ldots \times V^{n(\alpha)}(\alpha) \to X$.

Предполагается, что Центру в момент принятия решений не известна реализовавшаяся коалиционная структура α, но ему известны параметрические семейства функций h_α^i, f_α и множеств $V(\alpha)$. Каждой коалиции, разумеется, известны ее интересы и возможности. Будем предполагать, что ей известны также интересы и возможности всех других образовавшихся коалиций, т.е. известен параметр α.

Будем считать выполненными следующие стандартные предположения. Множества U, X и $V^i(\alpha)$ будем считать наделенными топологиями и компактными. Функции g, f_α и h_α^i будем предполагать непрерывнями.

Для замыкания модели нужно фиксировать принцип оптимальности. Имеется один достаточно хорошо интерпретируемый случай, когда сделанных предположений достаточно для того, чтобы описать поведение коалиций.

Предположим, что функции выигрыша коалиций представимы в виде $h_\alpha^i\left(u, v^1, \ldots, v^{n(\alpha)}\right) = \varphi_\alpha^i\left(u, v^i\right)$, т.е. выигрыш коалиции зависит от выбора Центра и ее собственного выбора, но не зависит от выборов других коалиций. В этом случае можно считать, что при известном ей выборе стратегии u коалиция $K^i(\alpha)$ выберет управление из множества

$$BR^i(u,\alpha)=\left\{v^i\in V^i(\alpha):\varphi^i_\alpha(u,v^i)=\max_{w^i\in V^i(\alpha)}\varphi^i_\alpha(u,w^i)\right\}.$$

Это множество Центр может оценить на основании имеющейся у него информации. Других оснований для сокращения неопределенности у Центра нет.

Методология рекомендует в таком случае использование гарантирующего подхода. Если принять гипотезу, что Центр осторожен по отношению к имеющейся неопределенности, то его максимальный гарантированный результат определяется условием

$$R=\sup_{u\in U}\min_{\alpha\in A}\min_{v^1\in BR^1(u,\alpha)}\ldots\min_{v^{n(\alpha)}\in BR^{n(\alpha)}(u,\alpha)}g\left(u,\,f_\alpha(v^1,\ldots,v^{n(\alpha)})\right).$$

Задача вычисления этого результата может быть сведена к исследованию игры двух лиц.

Положим $V(\alpha)=V^1(\alpha)\times\ldots\times V^{n(\alpha)}(\alpha)$, $h_\alpha(u,v)=\varphi^1_\alpha(u,v^1)+\ldots+\varphi^{n(\alpha)}_\alpha(u,v^{n(\alpha)})$ и

$$BR(u,\alpha)=\left\{v^i\in V(\alpha):h_\alpha(u,v)=\max_{w\in V(\alpha)}h_\alpha(u,w)\right\}.$$

Непосредственно проверяется, что тогда $BR(u,\alpha)=BR^1(u,\alpha)\times\ldots BR^{n(\alpha)}(u,\alpha)$ и, следовательно,

$$R=\sup_{u\in U}\min_{\alpha\in A}\min_{v_\alpha\in BR(u,\alpha)}g\left(u,\,f_\alpha(v_\alpha)\right).$$

Этот нехитрый технический прием работает и в том случае, когда множество U наделено какой-то дополнительной структурой, например, структурой функционального пространства (в этом случае придется уточнить определение множеств $BR^i(u,\alpha)$, но существенных трудностей это не добавляет). Поэтому для исследования рассматриваемой нами проблемы могут быть непосредственно применены, например, все результаты, полученные при исследовании игры Γ_2 с неопределенными факторами.

В общем случае возникает значительный произвол в описании взаимодействия игроков нижнего уровня. Для примера рассмотрим следующую популярную гипотезу.

Будем считать, что при известных u и α игроки нижнего уровня выбирают одну из ситуаций равновесия по Нэшу. Центру известен такой принцип поведения партнеров, а в остальном он осторожен.

Поскольку множество ситуаций равновесия по Нэшу может оказаться пустым, эта гипотеза требует уточнения. Поступим следующим образом. Примем такое предположение: известных u и α игроки нижнего уровня определяют наименьшее ε, при котором множество ситуаций ε-равновесия по Нэшу не пусто и выбирают одну из ситуаций ε-равновесия при этом значении ε.

Разумеется, может возникать вопрос об адекватности принятых гипотез. Но его бессмысленно обсуждать, пока не фиксирован моделируемый объект: в одних случаях гипотезы могут оказаться адекватными, в других – нет. Поэтому обратимся к математическому исследованию описанной модели.

Можно формализовать сделанные предположения в традиционных терминах.

Введем обозначение. Если $v\in V(\alpha)=V^1(\alpha)\times\ldots\times V^{n(\alpha)}(\alpha)$, то символом $(v\,||\,w^i)$ будем обозначать такой набор $\varpi=(\varpi^1,\ldots,\varpi^{n(\alpha)})$, что

$$\varpi^j=\begin{cases}v^j, \text{ если } & j\neq i,\\ w^i, \text{ при } & j=i.\end{cases}$$

Определение. Число γ называется гарантированным результатом Центра, если существует стратегия $u\in U$ и для любого $\alpha\in A$ существует число λ, для которых выполняются следующие условия:

1) существует такая ситуация $w\in V(\alpha)$, что для любого $i=1,\ldots,n(\alpha)$ и любой стратегии $\omega^i\in V^i(\alpha)$ выполняется неравенство $h^i_\alpha(u,w)-h^i_\alpha\left(u,\left(w\,\|\,\omega^i\right)\right)\geq\lambda$;

2) для любой ситуации $v\in V(\alpha)$ справедливо одно из условий: либо $g(u,f_\alpha(v))\geq\gamma$, либо найдется $i=1,\ldots,n(\alpha)$ и стратегия $\varpi^i\in V^i(\alpha)$ для которых $h^i_\alpha(u,v)-h^i_\alpha\left(u,\left(v\,\|\,\varpi^i\right)\right)<\lambda$.

Точная верхняя грань R гарантированных результатов Центра называется его максимальным гарантированным результатом.

Замечание. В данном случае вместо величины ε использована величина $\lambda=-\varepsilon$. Это сделано для того, чтобы определение выглядело привычнее.

Задача вычисления так определенного максимального гарантированного результата R также может быть сведена к исследованию игры двух лиц.

Для этого положим $V(\alpha)=V^1(\alpha)\times\ldots\times V^{n(\alpha)}(\alpha)$. Определим функцию h_α условием

$$h_\alpha(u,v)=\min_{i=1,\dots,n(\alpha)}\min_{w^i\in V^i(\alpha)}\left[h_\alpha^i(u,v)-h_\alpha^i\left(u,\left(v\|w^i\right)\right)\right].$$

Положим

$$BR(u,\alpha)=\left\{v^i\in V(\alpha):h_\alpha(u,v)=\max_{w\in V(\alpha)}h_\alpha(u,w)\right\}.$$

Тогда

$$R=\sup_{u\in U}\min_{\alpha\in A}\min_{v_\alpha\in BR(u,\alpha)}g\left(u,f_\alpha(v_\alpha)\right).$$

Опять же с минимальными уточнениями все сказанное переносится на случай игр с обратной связью.

Таким образом, новых математических трудностей при исследовании новой постановки задачи не возникает. Основные проблемы появляются на этапе построения конкретной модели.

Литература

1. Тоффлер Э. Третья волна = The Third Wave, 1980. – М.: АСТ, 2010. – 784 с.
Шваб К. Четвертая промышленная революция/ Пер. с англ. Предисловие Греф Г.О. – М.: «Эксмо», 2016 – с.138.

2. Канторович Л. В., Макаров В. Л. Оптимальные модели перспективного планирования, Применение математики в экономических исследованиях, М. Мысль, 1965.

3. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа: – М.: Наука, 1981. – 487 с.

4. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука, 1976. – 328 с. английский перевод: *Germeĭer, Yu. B.* Nonantagonistic games / Translated from the Russian and with a preface by Anatol Rapoport. — Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., 1986. — xiv+331 с. — (Theory and Decision Library, 46). — ISBN 90-277-2023-1

5. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971.–383 с.

6. Поспелов И.Г. Исследование операций и моделирование экономического развития // Материалы учредительной конференции Российского научного общества исследования операций. – М.: ВЦ РАН, 1997. – 105 с.

7. Ватель И.А., Ерешко Ф.И. Математика конфликта и сотрудничества. М.: Знание, 1973. – 64 с.

8. Ватель И.А., Ерешко Ф.И. Игры с иерархической структурой. // Математическая энциклопедия. т.2. М.: 1979. с.478–482.

9. Гермейер Ю.Б., Моисеев Н.Н. О некоторых задачах теории иерархических систем // Проблемы прикладной математики и механики. М.: Наука, 1971. С. 30–43.

10. Моисеев Н.Н. Информационная теория иерархических систем // Труды I Всесоюзн. конф. по исследованию операций. Минск: 1974. с. 95-99.

11. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. М.: Статистика, 1975. – 160 с.

12. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука,1977. – 255 с.

13. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами: Учебное пособие. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

13. Бурков В.Н., Ириков В.А. Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994. – 272 с.

14. Зацаринный А.А., Шабанов А.П. Технология информационной поддержки деятельности организационных систем на основе ситуационных центров – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2015. – 232 с.: ил.

15. Ерешко Ф.И., Турко Н.И., Цвиркун А.Д., Чурсин А.А., Синтез организационных структур в крупномасштабных проектах цифровой экономики. Автоматика и Телемеханика, № 10, 2018. С.121-142.

16. Ерешко Ф. И. Теория иерархических игр в приложении к законотворчеству в цифровом обществе. Бизнес в законе. // Computational nanotechnolgy, 2017, №2, С. 52–58.

17. Antonopoulos, Andreas M. (2014). Mastering Bitcoin. UNLOCKING DIGITAL CRYPTOCURRENCIES, O'Reilly Media, Inc., – 272 p.

18. Narayanan A., Bonneau J., Felten E., Miller A., Goldfeder S.. Bitcoin and cryptocurrency technologies : a comprehensive introduction. Princeton : Princeton University Press, 2016. – 331 p.
https://en.wikipedia.org/wiki/Decentralization

19. Горелов М.А. Максимальный гарантированный результат при ограниченном объеме передаваемой информации // Автоматика и телемеханика. – 2011. – №3. – С. 124–144.

20. M.A. Gorelov and F.I. Ereshko, "Awareness and Control Decentralization," Automation and Remote Control, 2019, vol. 80, issue. 6, pp. 1063–1076.

21. M.A. Gorelov and F.I. Ereshko, "Awareness and Control Decentralization (stochastic case)," Automation and Remote Control (to be printed).

МЕТОДИЧЕСКОЕ, КАДРОВОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ ПРОРЫВНОГО РАЗВИТИЯ

Ириков В.А.

Московский физико-технический институт,
Россия, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер 9
irikov.va@mipt.ru

Аннотация. Реализация предлагаемой модернизации методического обеспечения сложившейся практики управления развитием способна примерно в 1,3 раза снизить потери и ускорить получение конечных социально – экономических результатов, необходимых для перехода на прорывное развитие в ближайшие 1,5 года.

Ключевые слова: методическое обеспечение, программно-целевой инструментарий, управление развитием, инновационный прорыв, ускоренный рост.

1 Общие положения

В пленарном докладе автора на MLSD 2018 были сформулированы дополнительные требования к системе управления прорывным развитием, вытекающие из мартовского Послания Президента РФ 2018, а также проанализированы ключевые проблемы, пути и средства выполнения этих требований. Был сделан вывод о том, что поставленные Президентом РФ цели прорывного развития достижимы в срок при неотложной реализации предложенного [2,3] комплекса первоочередных мер и механизмов.

Данный доклад посвящён решению более конкретных задач поддержки, комплексного обеспечения процесса прорывного развития всем необходимым с целью получить первые значительные результаты в ближайшие 1,5 года. В основу была положена схема выделения самых узких мест и их устранения с минимальными затратами (с использованием модели и алгоритмов системной оптимизации [2,5,6]). Неожиданно для автора оказалось, что *самым узким местом является методическое обеспечение* (отсутствие рабочих методик у участников годового комплексного плана работ по прорывному развитию при непригодности сложившейся практики управления развитием). Следующим узким местом является острый дефицит квалифицированных кадров и команд управленцев, способных разрабатывать и реализовывать всё более результативные и эффективные инструменты целевого управления прорывным инновационным развитием.

Повторим дополнительные требования к системе управления прорывным развитием, из которых далее следуют требования к методическому и кадровому обеспечению годового комплексного плана.

1.Основная цель прорывного развития: государственно значимые приросты конечных результатов должны быть получены *в кратчайшие возможные сроки* (3 и 6 лет), их значительный прирост должен начаться с 2019 года с минимальными дополнительными расходами дефицитных финансовых и человеческих ресурсов.

2. Обеспечить комплексный, системный подход к решению поставленных амбициозных целей и задач, ориентированный на достижение конечных целей социально – экономического роста и обеспечения национальной безопасности.

3. Обеспечить реализацию инновационных прорывов («обгонять, не догоняя»). Своевременно создать достаточный для этого комплекс конкретных инструментов, механизмов и команд.

4.Обеспечить уверенный, долгосрочный рост. Создать для этого кардинально более результативную и эффективную Систему управления прорывным развитием, свободную от системных проблем и от большинства других недостатков сложившейся практики управления развитием.

5. Создать целостную многоуровневую систему управления результативным по конечным результатам инновационным развитием должна, обеспечивающую максимальную эффективность использования бюджета.

В сложившейся российской практике управления развитием в последние 7 лет появилось много позитивных изменений и в то же время - критики недостатков.

Однако этих позитивных изменений недостаточно в условиях новых вызовов для перехода к прорывному развитию, поскольку

- на практике они в значительной степени не выполняются или носят фрагментарный, локальный характер;
- сложившаяся практика управления инновационным развитием пока ориентирована на промежуточные, а не на конечные цели и результаты.

Вывод: сложившаяся практика управления развитием пока не удовлетворяет основным требованиям прорывного развития.

Далее конкретизируются (с учётом изменившегося за год состояния) предложения по первоочередным изменениям в сложившейся практике управления развитием

- по использованию программно –целевых инструментов;
- по целевой командной переподготовке участников развития;
- по практическому применению алгоритмов оптимизации, цифровизации.

2 Использование программно –целевых инструментов

Основное внимание далее уделяется повышению результативности и эффективности использования программно –целевых инструментов.

Отметим, что объект управления (целевые программы и их внутренние и внешние связи) относится к крупномасштабным системам: достаточно сказать, что только перечень целевых программ федерального и регионального уровня включает около 1000, не считая более 10 тысяч муниципальных программ развития. Единица затрат и результатов –триллион рублей. Методически наименее обеспечены эффективная реализация на местах новых национальных проектов (и 76 новых федеральных программ), особенно –на местах в муниципальных образованиях. Необходимое для прорывного развития результативное по конечным результатам управление инновационным развитием как Система пока отсутствует.

2.1 Эталонный вариант программно-целевого управления, свободный от основных недостатков сложившейся практики, и удовлетворяющий требованиям прорывного развития.

Многочисленные отклонения от принципов и методов программно-целевого управления (ПЦУ), изложенных, например, в работах [1-3] ведут к неоправданным значительным потерям. Нелепость ряда ошибок (таких, как отсутствие обратной связи и своевременной корректировки управленческих решений, подмена целей, объекта управления и т.п.) приводят к предположению, что большинство (особенно молодых) специалистов и руководителей целевых программ не знакомы со спецификой практики использования ПЦУ и его инструментов. В связи с этим далее приводится расширенное описание логики и особенностей применения методов ПЦУ, наиболее существенных для повышения результативности и эффективности прорывного развития.

Достаточные для практики знания и умения по ПЦУ и его практическому применению дает курс повышения квалификации с передачей персоналу организации технологий и успешного опыта программно-целевого управления инновационным развитием и с формированием в организации персональных и групповых компетенций, достаточных для получения прироста конечных результатов. Многолетний и практически результативный для организаций, предприятий и территорий опыт ведения такого курса целевой командной переподготовки имеется на кафедре инновационного менеджмента МФТИ.

Общее описание существенных особенностей ПЦУ.

Программно-целевой подход является конкретизацией системного подхода применительно к управлению развитием сложных целеустремленных организационно-технических систем. Основное внимание уделяет комплексу инструментов (механизмов) целеполагания и обеспечения достижения целей, анализа и выбора средств достижения целей, «заземления» их до конкретных программ организаций - исполнителей и управления реализацией календарных планов работ, получило название программно-целевого управления (ПЦУ).

В девяностые годы и позже в России использовались модифицированные с учетом рыночной среды методы программно-целевого управления как инструмента повышения результативности управления развитием на всех уровнях руководства: корпораций, территорий, субъектов федерации, федерации. Однако в настоящее время как в компаниях, так и на отраслевом, региональном и федеральном уровнях, а также в учебных заведениях) наблюдается острая нехватка кадров, владеющих знаниями и, особенно, — умениями (компетенциями) в области практического применения ПЦУ.

Основные этапы ПЦУ [2,3]:

1) три итерации целеполагания: образ желаемого будущего — прогноз и анализ среды — формулировка цели и критериев степени ее достижения, подцелей в иерархической структуре (вплоть до конкретных групп исполнителей нижнего уровня);

2) анализ и оценка вклада потенциально возможных альтернативных средств в достижение целей;

3) выбор приоритетных направлений изменений, обеспечивающих достижение целей с максимальной эффективностью;

4) распределение на них ограниченных ресурсов, максимизирующее степень достижения цели;

5) формулировка принципов, требований (политик, «правил игры») к системе управления;

6) конкретизация ключевых целевых показателей, характеризующих результаты деятельности подразделений-исполнителей, и требований к их значениям, обеспечивающих достижение конкретных целей;

7) комплекс организационных мер и механизмов, обеспечивающих своевременную и качественную реализацию программ и планов развития (мотивация, обучение, обеспечение достижения целей и т. п.);

8) создание системы регулярного контроля исполнения программы;

9) оперативный контроль результатов и корректировки календарных планов, приоритетных направлений и, возможно, целей.

Стратегическое планирование и управление является частью ПЦУ и охватывает первые пять из перечисленных выше этапов. При разработке стратегии в первую очередь оценивается потенциал достижения цели и рассматриваются различные стратегические альтернативы достижения цели (сценарии), которые порождаются различными вариантами неуправляемых изменений внешней среды и использования потенциала. Чем шире «поле» рассмотренных на этом этапе вариантов, тем более эффективное решение будет принято.

Логика процесса управления на конечный результат.

Для получения высокого конечного результата принимается типовой цикл управления, включающий следующие этапы (блоки):

1. Формулировка целей и задач управления.
2. Подготовка (обоснование) возможных вариантов решений задач.
3. Принятие (выбор) решения.
4. Организация исполнения решения и контроль фактического результата.
5. Анализ причин отклонения факта от плана и корректировка, если это необходимо:

организации исполнения;

ранее принятого решения;

целей и стратегии их достижения.

Процедура носит итеративный характер (схема выполнения блоков с обратными связями приведена на рис. 1.).

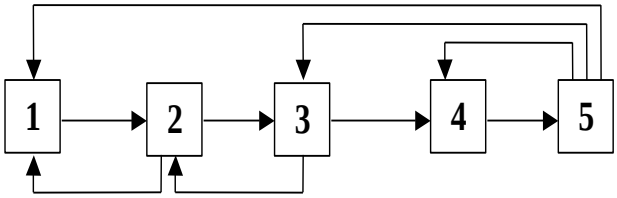


Рис 1. Укрупненная схема процесса управления обратными связями.

Обратные связи:

2-1 — корректировка возникает в случае, если потенциально возможные управляющие воздействия не дают возможности достигнуть цели или, наоборот, позволяют улучшить результат;

3-2 — требуются дополнительные обоснования и уточнения данных в случае, если их недостаточно для принятия решения;

5-4; 5-3; 5-1 — изменения, если они необходимы: организационные (по реализации управляющих воздействий), варианта решения и/или метода его выбора, цели, критериев и/или стратегии достижения цели.

Должны быть приняты единые, сквозные приоритетные направления деятельности, циклы управленческих решений должны быть синхронизированы во времени, формы входных и выходных документов и значения показателей в них должны быть согласованы, оценка последствий любого решения об изменении управляемых показателей или реализации мер должна производиться по их влиянию на общий конечный результат и за период времени, достаточный для его получения.

Рекомендуемая версия регламента из 15 этапов полного цикла эталонного варианта программно-целевого планирования и управления.

Этап 1. Формулировка желаемого образа объекта в перспективе, видение (vision, идеал).

Этап 2. Прогноз внешней и внутренней среды.

Этап 3. Уточнение цели: видения, общей постановки и целевых установок по улучшению конечных социально-экономических и других показателей.

Этап 4. Анализ состояния, тенденций, сценариев развития и выбор целевого сценария.

Этап 5. Оценка потенциала (в т. ч. инновационного) достижения поставленной цели.

Этап 6. Выбор пакета приоритетных проектов, обеспечивающих в заданном плановом периоде достижение цели с максимальной эффективностью.

Этап 7. Разработка для каждого приоритетного проекта долгосрочной и среднесрочной целевой подпрограммы работ, формирование сводной комплексной Целевой Программы, согласованной и обеспечивающей в динамике достижение поставленной цели.

Этап 8. Формирование в среднесрочной перспективе (6 лет) в динамике запроса ресурсов и их предварительное распределение между подпрограммами с учетом ограничений.

Этап 9. Более детальная проработка краткосрочной трехлетний программы и годового комплексного плана развития, включая бюджеты развития, с «заземлением» на организации – исполнители, реализующие подпрограммы развития предприятий и организаций нижнего уровня.

Этап.10 Помесячное квартальное планирование развития.

Этап 11. Оперативное управлением реализацией комплексного плана и достижением конечных целей.

Этап 12. Скользящее планирование, мониторинг фактических результатов, поквартальный анализ «план-факт» и корректировка (при необходимости) плана следующего периода.

Этап 13. Перераспределение в июне части ресурсов и, возможно, исключение части выполняемых мероприятий и включение новых.

Этап 14. Предварительное подведение в ноябре итогов года и формирование предложения по комплексному плану следующего года с утверждением его плана развития на первый квартал.

Этап 15. Формирование в марте следующего года уточненного годового отчета, включая бухгалтерский.

В терминах, близких к используемым, в 172-ФЗ, этапы 1,2 соответствуют разработке прогноза, этапы 3-6 - стратегии, этапы 7-9 — программы, этапы 10-12— оперативному планированию и управлению реализацией, этапы 13-15— корректировке скользящего годового плана и отчетности

Важно отметить, что невыполнение хотя бы одного из вышеуказанных этапов (блоков) ведет к значительным потерям в получении конечных результатов в заданные сроки.

Основные существенные для результативности элементы эталонного ПЦУ в многоуровневой структуре.

1. Цели:

1.1. Четко поставленные и проверяемые на достижимость конечные социальные и финансово-экономические цели, включая регламент (технологию) целеполагания (горизонтального и вертикального).

1.2. Обеспечение получения конечного результата (достижения конечной цели) при средне - и краткосрочном управлении реализацией программ и, особенно, — годового плана развития.

1.3. Обеспечение независимого внешнего контроля.

Минимальный набор целевых показателей для пилотов:

социальные: уровень жизни, доля населения, находящегося за чертой и в черте бедности.

экономические: прирост объема производства, добавленной стоимости (и ВВП), прирост поступлений в бюджет.

2. Конкретный комплексный план обеспечения достижения целей.

2.1. Укрупненное описание комплексной целевой программы, реализующей стратегию развития в ближайшие 2-3 года.

2.2. Комплексный годовой поквартальный план – задание на исполнение.

2.3. Календарный комплексный план работ на квартал и оперативное управление его реализацией и достижением целей.

3. Мониторинг и контроль фактического исполнения плана.

3.1. Ежемесячное получение данных о фактических сроках выполнения работ (проектов), результатах, затратах и эффективности затрат на развитие.

3.2. Контроль (внутренний и внешний) результативности и эффективности.

4. Корректировка планов и программ.

4.1. Анализ последствий (по результатам) отклонений «план-факт».

4.2. Принятие решений по корректировке плана (скользящему планированию части проектов нижнего уровня) на следующий месяц, квартал.

4.3. Принятие решений (ежеквартально) о перераспределении ресурсов между частью проектов, о прекращении выполнения части проектов и/или начале новых.

4.4. Принятие решений (раз в полгода) о досрочном прекращении выполнения части подпрограмм (программ) и о частичном (порядка 10%) перераспределении бюджета развития.

5. Отчетность.

5.1. Отчеты о завершении полугода (1 июня) и года (15 ноября) с рекомендацией по изменению планов на следующий плановый период.

5.2. Годовой заключительный детальный отчет (1 апреля) для статистики.

6. Контроль.

6.1. Контроль в конце года (внутренний и внешний) бюджетов, полученных результатов и эффективности использования бюджета развития.

6.2. Рекомендации по устранению недостатков.

7. Подпрограмма по совершенствованию системы управления, кадрового, финансового, методического и информационного обеспечения управления развитием.

Требования ПЦУ, особо важные для обеспечения роста результативности и эффективности в ближайшие 3 года и часто не выполняемые на практике:

- ПЦУ начинается на каждом уровне с постановки целей и завершается оперативным управлением, обеспечивающим достижение этих целей;
- целеполагание в многоуровневой системе на каждом уровне руководства осуществляется на два уровня ниже и обязательно завершается на нижнем уровне конкретных предприятий и организаций — исполнителей;
- соответственно, основным объектом управления, обеспечивающим в конечном счете реальный прирост конечных результатов, являются программы и проекты развития предприятий и организаций - исполнителей нижнего уровня.

Примеры типовых отклонений от эталона ПЦУ и их последствия.

1. Цели:

1.1. Отсутствие у участника развития четко поставленной контролируемой конечной цели проекта и/или алгоритма оценки степени достижения поставленной цели, что ведет к нецелевому использованию всего бюджета развития.

1.2. Подмена цели и/или целевых показателей их достижения.

а) из-за отсутствия четко поставленной общей конечной цели Системы, замена частной целью, например, ведомственной, что делает общую конечную цель недостижимой;

б) потеря управляемости из-за неадекватно выбранного критерия степени достижения цели развития, например, использование «по инерции» показателя «индекс роста» (цель 103%, факт 101%), вместо целевого показателя развития «прирост» (цель прироста 3%, факт 1%), что кардинально искажает оценку результата - величину степени достижения цели и оценку работы органа управления развитием 101/103=0,99 (очень хорошо, нет необходимости корректировки), а реально 1/3=0,33 (неудовлетворительно, необходимо неотложно и кардинально изменить управление);

в) сознательно целью ставится именно то, что умеет или полномочен делать данный орган управления, но имеет слабое отношение к требуемым конечным результатам, это ведет к невозможности достижения конечной цели и нецелевому использованию значительной части бюджета развития (путь решения –мотивирование исполнителя данного уровня на конечную цель).

1.3 Разрывы или недостатки в процедуре целеполагания

а) подмена объекта управления по вертикали: если в многоуровневой организационной структуре не предусмотрено повторение цикла целеполагания на еще один уровень ниже, особенно — до нижнего уровня конкретных организаций, предприятий— исполнителей и проектных команд, обеспечивающих развитие и прирост требуемых конечных целевых показателей; то это приводит к подмене объекта управления и к полной неуправляемости, к потере конечных результатов и нецелевому использованию значительной части средств;

б) потери из –за отсутствия целеполагания по горизонтали: отсутствие регулярной процедуры целеполагания «от будущего к настоящему» и «от настоящего к будущему», что приводит к выполнению далеко не самого предпочтительного варианта при решении задач «цели-средства» и значительным потерям в сроках и эффективности, в частности, отсутствие такой достаточно простой процедуры приводит к потере оперативности оценки и корректировки промежуточных целей, а также к снижению востребованности инноваций и прикладных исследований, реально нужных конечному потребителю.

1.4 Разрывы или отсутствие полного цикла управления развитием: «предварительная формулировка целей — прогноз — стратегия — программа— план — оперативное управление реализацией – обеспечение получение конечного результата». Особенно часто в ГП и ФЦП отсутствует заключительная часть (оперативное управление реализацией, изменениями и

обеспечение получения конечных результатов). Устранение этого разрыва дает основной прирост эффективности при переходе к прорывному развитию.

Важно еще раз подчеркнуть, что все приросты конечных результатов создаются только на нижнем уровне конкретных предприятий и организаций— исполнителей нижнего уровня в конкретных населенных пунктах и муниципальных образованиях. Известны позитивные примеры такой проработки целевых программ (например, в Авиапроме, в Росатоме и др). Но чаще заземления до нижнего уровня не происходит, что приводит к полной неуправляемости и потерям результатов. Поэтому особое внимание в ПЦУ при разработке и, главное,— при реализации приоритетных отраслевых, региональных и федеральных целевых программ развития должно уделяться предотвращению подмены объекта управления программами, проектами и планом нижнего уровня.

Таким образом, необходима переподготовка руководства всех уровней для устранения и предотвращения разрывов и потерь нижнего уровня.

Модификация ПЦУ при работе в режиме чрезвычайных ситуаций (ЧС)

1. Дополнительные требования, связанные с режимом ЧС, необходимом, например, при решении задач обеспечения национальной безопасности, включая экономическую безопасность:

1) острая неотложность действий: основные параметры объекта управления вышли за предельные критические значения или подошли к ним и промедление может привести к неприемлемо большим потерям;

2) минимально возможные сроки реализации: предельно быстрое предотвращение ЧС, а в случае их наступления— ликвидации последствий с минимизацией потерь;

3) наличие:

- не требующих внешних согласований заблаговременно заготовленных вариантов типовых планов («алгоритмов») действий,
- квалифицированных команд, подготовленных для их реализации и для быстрой адаптации к неуправляемым изменениям;

4) ничего лишнего: в программы и планы действий включаются только результативные мероприятия, которые дают прямой вклад в прирост требуемых конечных результатов;

5) наличие заблаговременно отработанной групповой (командной) технологии выполнения программы и плана действий обеспечивает минимальные сроки и максимальную эффективность использования лимитирующих ресурсов.

6) создание «подсистемы быстрого реагирования», которая включает:

- четкое выделение благоприятных и неблагоприятных сценариев развития кризиса, угроз возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) во внешней и внутренней среде и признаков их заблаговременной идентификации;
- заблаговременную проработку комплекса компенсирующих мер, команды исполнителей и механизмов их быстрого выполнения для двух-трех сценариев, «близких» к выбранному целевому для реализации;
- проработку механизма быстрого перехода с одной траектории (сценария развития) на другую;
- кратное сокращение продолжительности принятия и реализации решений, в т. ч. по быстрому использованию новых, особенно прорывных, идей;
- анализ основных конкурентов, оперативный мониторинг их поведения, заблаговременная разработка комплексов мер для типовых возможных ситуаций и механизмов для осуществления стремительных действий;
- делегирование ответственности и полномочий, особенно при угрозе возникновения ЧС, для предельно возможного сокращения времени на согласования по вертикали и др.

За прошедший период от 1 марта 2018 года из-за очень медленных изменений и нарастающего отставания от внешнего мира по темпам роста вероятность возникновения ЧС и использования таких методов МЧС возрастает.

Соответственно, необходима целевая командная переподготовка всех участников процесса развития, включая ответственных за предотвращение ЧС (согласованные и апробированные учебные программы целевой командной переподготовки имеются).

3 Целевая командная переподготовке и подготовка участников развития.

3.1 Рекомендуемый порядок организации работ

1. Начать с ознакомления с новинками и возможностями их использования в рамках Целевой командной переподготовки персонала (плюс ежегодное результативное повышение квалификации, особенно — персонала в сфере инновационной деятельности).

2. Для обеспечения кратного роста (за 1-1,5 года прирост на 50-100% и более) целесообразно приглашать профессиональный управленческий консалтинг «под ключ» (с доведением до получения конечных результатов), предпочтительно – консалтинг, работающий с оплатой в основном от прироста финансового результата клиента. К ним относятся такие консалтинговые компании, как «БСТ Менеджмент», «Управление проектами», «УНИВЕРС Консалтинг».

3. Для обеспечения меньшего, но достаточного роста результата (на 25—30% и более) достаточно использовать самый недорогой, массовый и гибкий формат – финансово результативное повышение квалификации персонала в виде проведения целевой командной переподготовки (ЦКП) с передачей технологий и с формированием групповых компетенций управления результативным инновационным развитием.

4. Наиболее целесообразен смешанный вариант: начинается с обучения с передачей технологий и компетенций (ЦКП), продолжается с консалтинговой компанией, если это выгодно для Заказчика.

3.2 Пример организации ЦКП на среднем или крупном предприятии

Занятия проводятся на предприятии с группой 40-50 человек.

Целевая командная переподготовка на конкретном предприятии отличается от общеобразовательной тем, что сначала формулируется амбициозная цель («точка идеала»), выделяются мешающие достижению этой цели ключевые проблемы и в программу переподготовки сначала включаются только те темы по методам и навыкам, которые необходимы для практического решения именно этих проблем. По сути осуществляется передача технологий и формирование у персонала групповых компетенций по адаптации этих технологий к особенностям предприятия и управлению реализацией планов и проектов

Схема каждого занятия: дается новый материал и методы, затем они практически осваиваются слушателями с помощью преподавателей - консультантов в рамках их работы в проектной группе, сформированной для решения реальных ключевых проблем данного предприятия. Работа в проектах проводится как во время занятия, так и при самостоятельном выполнении практического задания (в основном на своих рабочих местах). Следующее занятие начинается с заслушивания и обсуждения результатов каждой проектной группы.

Через 8-9 занятий (около двух месяцев) значительная часть выделенных ключевых проблем оказывается решенной, двухлетний комплексный план развития сформирован, начинается его реализация и занятия проводятся раз в 2-3 недели. Значительные приросты финансовых результатов начинаются через 4-6 месяцев.

Формируются новые более амбициозные цели, недостижимые без результативного инновационного развития и программа целевой подготовки изменяется и усложняется, может быть приглашена и консалтинговая компания.

Эта форма работы обычно дает за полтора года повышение выручки предприятия в 1,3 - 1,5 раза и кратный рост прибыли и капитализации (цены)компании.

Рекордные примеры:

- ОАО «Чайковский текстиль» [3], где повышение квалификации (ЦКП) проводила российско-британская школа бизнеса МФТИ) — шестикратный рост за 2 года с первым удвоением выручки за полгода;
- пример ИМЦ корпорации «Вега»3]: инновационный рост выручки в 4 раза.

3.3 Работа с консалтинговой фирмой.

В этом случае желательно, чтобы с самого начала (или после серии ознакомительных семинаров - практикумов) предприятием заключался договор с консалтинговой компанией на 1,5-2 года как на разработку программы конкурентоспособного развития в условиях кризиса (за 1-1,5 месяца), так и на сопровождение ее реализации до получения реальных дополнительных финансовых результатов с оплатой этого этапа консультантам в основном от фактического прироста финансового результата предприятия.

Эта форма повышения конкурентоспособности обычно за 1,5-2 года устойчиво дает двух-трех кратный рост выручки и многократный рост прибыли и капитализации (цены) компании.

4 Системная оптимизация и цифровизация

4.1 Математические модели и алгоритмы системной оптимизации

описаны в работах [2,5,6]

Впервые задачу системной оптимизации и термин ввёл академик В.М. Глушков в 1980 году. Здесь мы ограничимся только предложенной автором траекторной моделью и главное – одним из примеров её практического применения.

Наиболее подробное изложение приведено в работе [5], где траекторная модель и алгоритмы системной оптимизации используются как основной оператор координации решений между автономными элементами интеллектуальной распределённой человеко – машинной системы на каждом уровне и между уровнями многоуровневой системы. На этой основе была создана шестиуровневая интеллектуальная распределённая система поддержки процессов разработки и контроля реализации («цифровизации») Энергетической программы страны, которая проработала около 15 лет. Результаты расчётов описаны в работе [2].

4.2 Пример приложения: координация развития портового кластера(ПК).

Масштабность результатов приложения алгоритма системной оптимизации и его просто интерпретируемую схему иллюстрирует следующий пример.

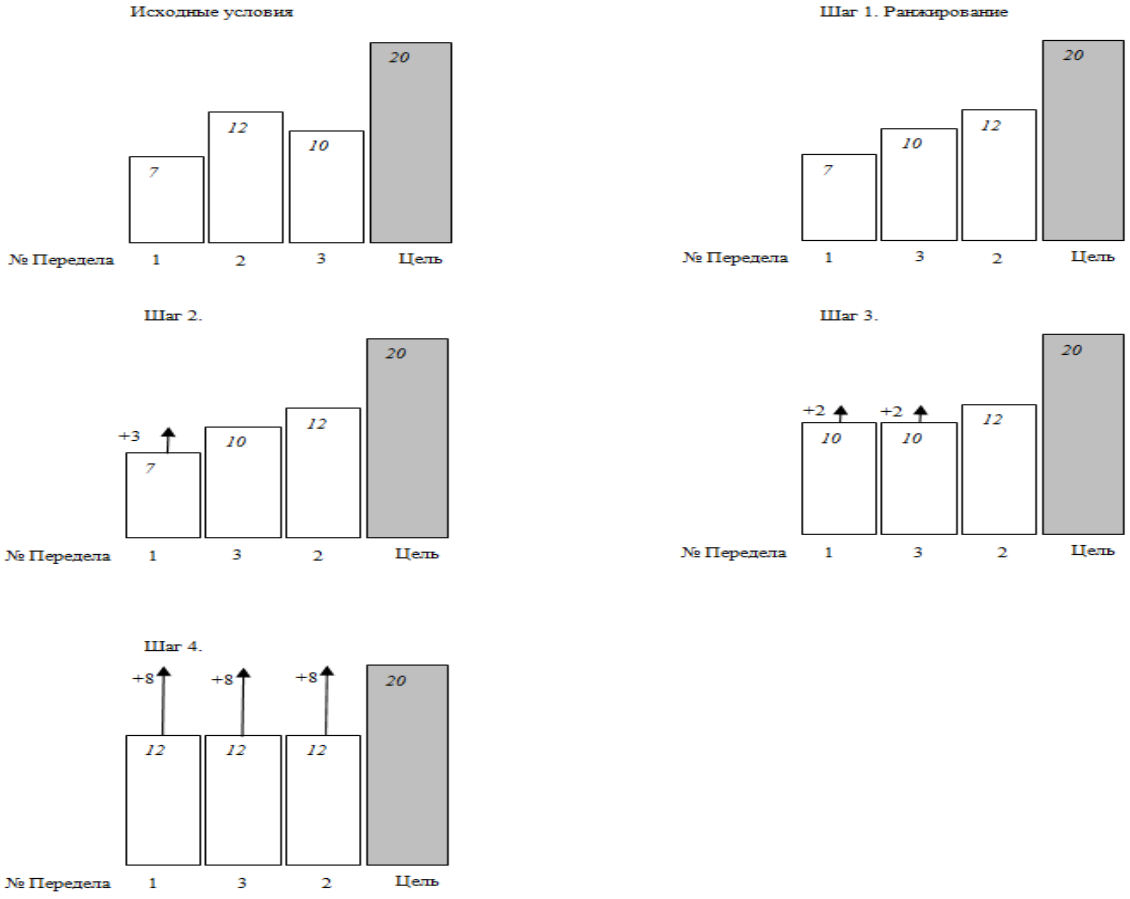


Рисунок 2. Схема работы алгоритма 2

Описание портового кластера

Участники Ванинского портового кластера: грузоотправители и грузополучатели; обеспечивающие перевалку грузов в порту компании с их терминалами; портовое хозяйство (склады, услуги и т.п.); флот (перевозчики); железная дорога; энергетические компании; администрация территории пребывания порта; администрация соответствующего субъекта федерации.

Цель создания ПК: получение дополнительной выгоды за счет формирования и координации работ, взаимовыгодных для всех участников ПК. Рассматриваются следующие оптимизационные задачи.

Задача 1. Обеспечить целевой прирост грузопотока порта с минимальными затратами.

Задача 2. Максимально увеличить суммарный грузопоток кластера в целом при ограниченных ресурсах.

Рассмотрено три алгоритма, решающих эти задачи.

Алгоритм 1. Традиционное проектирование портового комплекса. Описание изложено в работе [6].

Алгоритм 2. Системная оптимизация и координации развития участников портового кластера. Этот алгоритм исключает нерезультативные по росту грузопотока затраты участников, оптимизирует «расшивку узких мест» и повышает эффективность затрат. Практическое применение алгоритма способно обеспечить: рост грузопотока на 10-15% и одновременное снижение затрат на единицу прироста грузопотока на 15-20%.

Алгоритм 3. Инновационного развития портового кластера. Включает алгоритм 2 (являющийся инновацией в управлении развитием кластера), с использованием по каждому участнику его инновационного потенциала. Расчёты показывают, что использование инноваций может удвоить результаты алгоритма 2.

Описание алгоритма 2 (системная оптимизация и координация).

Шаг 1. Соизмерение состояния организаций – участников (переделов) по единому показателю пропускной способности (в тоннах в год перевалки грузового потока через терминалы).

Шаг 2. Сопоставление и ранжирование организаций – участников кластера по их пропускной способности Пi; i=1,2…n., П1 > П2 > П3 > … > Пn-1 > Пn

Шаг 3. Выделяется самое «узкое место» Пn = min {Пi}, 1<i <n и определяется минимально необходимая величина повышения пропускной способности Δ Пn = Пn-1 - Пn.Формируется первая очередь работ по увеличению пропускной способности n-го участника на величину Δ Пn, определяются необходимые для этого затраты и время.

Шаг 4. Аналогично рассматривается (n-1) – й участник. Определяется минимально необходимый прирост его пропускной способности ΔПn-1 и формируется первая очередь работ, определяются их продолжительность и затраты. Одновременно на эту же величину ΔПn-1 увеличивается пропускная способность n-го участника с дополнением соответствующих работ, сроков и затрат и т.д.

Общий i-й шаг. Рассматривается i-й участник, определяется ΔПi и на эту величину увеличивается одновременно пропускная способность i-го и всех рассмотренных ранее (i-1, i-2, … n-1, n) участников.

Алгоритм заканчивает работу за n шагов.

Этот алгоритм даёт [6] оптимальное решение задачи 1 (достижение цели с минимальными затратами), а при незначительной модификации - и задачи 2 (максимум результата при ограниченных затратах).

Сопоставление результатов работы алгоритмов на примере Ванинского порта.

Алгоритм 1(традиционный расчёт): суммарные затраты 190 ед.; результат (прирост объема грузопотока) за первый год 3,75 млн. т., за два года 18,75 млн. т.; эффективность затрат (результат / затраты) за первый год 2% за два года 9,8%.

Алгоритм 2 (системная оптимизация в кластере), схема работы приведена на рис.2

Шаг 2.1. Сопоставляются и ранжируются пропускные способности каждого передела:

7 2) 12 3) 10.

Ранжирование: 1 (7), 3 (10), 2 (12).

Шаг 2.2. Устраняется самое «узкое место» - вводится первая очередь терминала с дополнительной пропускной способностью 3 млн. т/год (до 10) за 3 месяца (прирост всего 5 млн. т/год), затраты 18 ед.

Шаг 2.3. Одновременно наращиваются на 2 млн. т/год с 10 до 12 пропускные способности терминала и подъездных путей, дополнительные затраты 28 ед., дополнительная продолжительность 1,5 мес.

Шаг 2.4. От 12 до 20 (на 8 млн. т/год) наращиваются пропускные способности всех трех переделов, дополнительные затраты 144 ед., продолжительность 4,5 месяца.

Шаг 2.5. Расчет результата (прироста объема грузопотока).

Начиная с 10-го месяца это те же значения, что и в предыдущем алгоритме, но до этого получены дополнительные результаты в период до 9 месяцев: за первый год: 5*0,25*2 + 7*0,125*3=2,5 +2,6 = 5,1;-за два года: 5,1 + 3,75 + 15 = 23,85.

Эффективность инвестиций за первый год (первой очереди 13%, второй очереди 9,2%), кратно выше, чем в первом алгоритме, за два года эффективность 13,1%, т.е. тоже выше в 1,5 раза.

Алгоритм закончил работу с выходом в тот же срок на целевую величину пропускной способности (20 млн. т/год), но с кратно большей эффективностью.

Рис. 3 иллюстрирует основную идею алгоритма 2, содержательная простота которой делает его основой практической координации работ участников кластера. Цифры в столбцах соответствуют пропускным способностям переделов(участников).

Из рис.3а видно, что при решении задачи1 алгоритмом 2 требуемый результат (рост грузопотока на 15 ед.) достигается с меньшими затратами.

Алгоритм 3. (системная координация и инновационный потенциал)

Отличается от алгоритма 2 заменой фиксированных удельных затрат проектов на переменные удельные затраты, сниженные за счет реализации дополнительных инновационных проектов, реализуемых каждым участником ПК. За счет этих инноваций потенциально возможен рост пропускной способности каждого передела примерно в 1,5 раза при многократном снижении удельных затрат на единицу прироста.

Возможные масштабы практических результатов.

Объем грузопотока по Ванинскому порту растёт примерно в 3,5 раза, что соответствует приросту выручки от экспорта примерно на 100 млрд. рублей. Тиражирование по другим портам Дальнего Востока может увеличить результат в 5-6 раз, т.е на 0,5 трлн. руб. в год и более 1 трлн. рублей за 2 года.



а) б)

Рисунок 3. Результаты работы алгоритма 2

Дополнительные результаты алгоритма 3 при использовании инноваций видны на рисунке 4.

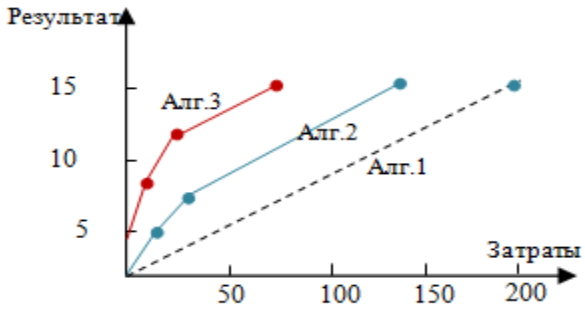


Рисунок 4. Сравнение результатов работы алгоритмов 1-3.

Литература

1.Поспелов Г. С., Ириков В. А. Программно-целевое планирование и управление. — М.: Советское радио, 1976. — 440 с.

2..Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ. - М.: Наука,1985. - 423с.

3.Ириков В. А. Практические предложения по получению конечных результатов прорывного развития за 2 -3 года. –М.: Издательство ПЕРВЫЙ ТОМ, 2018. - 184 с.

4..Ириков В. А., Новиков Д.А., Тренёв В. Н. Целостная система государственно-частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса и посткризисного роста.- М.: ИПУ РАН,2009.-220с.

5.В.А. Ириков, В.Н. Тренёв Распределённые системы принятия решений. Теория и приложения- М.: Наука, Физматлит,1999. -360с.

6.Ириков В.А., Золотухин И. Н., Лисин Д.С. Модель портового кластера и алгоритм системной координации его развития. Журнал «Спецтехника и связь» 2012г, №5, стр.72-76

СИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ[6]

Лившиц В.Н., Тищенко Т.И., Фролова М.П., Лившиц С.В.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Россия, г. Москва, проспект 60-летия Октября, д.9
livchits@isa.ru

Аннотация. В статье рассмотрены важнейшие особенности системной оценки эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов, связанные как с их крупномасштабностью, так и с их реализуемостью в специфических российских условиях на современном этапе незавершенности проведения трансформационных преобразований по переходу от стационарной централизованно-плановой системы хозяйствования к рыночной, нестационарной.

Ключевые слова: общественная, коммерческая и бюджетная эффективность инвестиционных проектов, прямые, косвенные и синергические эффекты, дисконтирование и компаундирование, наращенный доход, упущенная выгода, альтернативная стоимость капитала.

Настоящая статья является непосредственным продолжением серии докладов, прочитанных теми же авторами на ежегодных аналогичных конференциях в ИПУ в предыдущие годы. При пересечении их сюжетов с данной публикацией необходимые положения и их аргументация текстуально повторяться не будут, а ограничимся лишь ссылками на опубликованные в ИПУ материалы прошедших конференций.

Далее кратко рассмотрим согласованно с принципами, приведенными в [1-7] основные понятия и некоторые сюжеты, раскрывающие особенности оценки крупномасштабных мероприятий

1. **Системная оценка эффективности инвестиционных проектов** предполагает:

а) учет структуры проекта – полного состава и иерархии его мероприятий и их участников: Общества, Государства, частных российских и иностранных частных инвесторов и т.д., менталитета и интересов каждого из них;

б) наличие для каждого участника адекватного ему вида показателей эффективности: для Общества – общественной эффективности, для Государства – бюджетной эффективности, для Регионов – региональной эффективности, для частных инвесторов – коммерческой эффективности. При этом для оценки общественной и региональной эффективности, в том числе и для локальных проектов, для отражения провалов рынка расчеты ведутся по специальным - общественным – ценам, исключаются трансфертные платежи и т.д. (см. [1-3]), а оценка остальных видов эффективности – бюджетной и коммерческой - осуществляется в соответствии рыночными условиями (применяются рыночные цены, учитываются налоги и т.д.);

в) наличие заданного или рассчитываемого множества подлежащих системному анализу сценариев проекта с полным набором общепроектных макроэкономических параметров (уровень и динамика инфляции, характер и величины рисков и неопределенности и др.), т.е. считаются известными необходимые информационные и алгоритмические возможности расчета по каждому виду эффективности для каждого участника на каждом временном периоде (шаге жизненного цикла проекта) соответствующих величин финансового потока и его компонентов (притоков и оттоков денег в проект и из проекта), а по ним - показателей эффекта и соответствующей эффективности согласно нормативному документу – Методическим рекомендациям [1], по приведенной в нем двухэтапной схеме оценки эффективности инвестпроектов: первый этап – оценка эффективности для проекта в целом, второй этап – для каждого отдельного участника и системный синтез оценок. При этом на каждом этапе предполагается расчет связанных с проектом как всех существенных прямых (внутренних) и косвенных (внешних), но и синергических эффектов (эффектов взаимодействия компонентов проекта друг с другом и с компонентами внешней среды);

г) при такой системной оценке все расчеты эффективности путем сопоставления результатов и затрат при их суммировании за период (например, за жизненный цикл проекта) естественно производятся путем выражения всех их компонент в сопоставимой стоимостной форме с корректным учетом при их суммировании или сопоставлении путем дисконтирования и компаундирования разновременных величин отдельных компонент для учета фактора времени, т.е. для учета реальной экономической неравноценности несинхронных равновеликих по номиналу стоимостных значений отдельных результатов или затрат. При выражении компонент в разной валюте или разных натуральных вели-

[6] *Частично работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-06-00041).*

чинах, все они выражаются в единой базовой валюте путем умножения на централизованно установленные коэффициенты сопоставимого перевода (например, при разных валютах при использовании установленного на рассматриваемый период времени Банком России значения валютного курса). Таким образом, в итоге все притоки и оттоки, соответствующие ценностным эквивалентам экономических, социальных, экологических и т.д. затрат и результатов будут выражены в сопоставимой базовой валюте. Нетрудно доказать [2], что итоговая оценка эффективности проекта и участия в нем для каждого участника при корректности методики и проведения расчетов не зависит от конкретности выбора базовой валюты.

2. В нашем докладе под реализуемостью инвестпроекта понимается системное соответствие его всем имеющимся ограничениям – юридического, математического, физического, технического, экономического (в том числе финансового), экологического и т.д. характера, а под реальными проектами понимаются либо эффективные проекты, которые уже реализуются, либо намеченные или предполагаемые к реализации проекты, для которых существует возможность системной реализации, в том числе и финансовой, т.е. реализуемость которых может быть для рассматриваемых сценариев проекта корректно доказана. При этом инвестпроект по рассматриваемому сценарию, согласно нормативному документу [1] является финансово реализуемым, если в итоговом финансовом потоке проекта (в его cash flow) суммарное сальдо на каждом его шаге неотрицательно (т.е. приток денег в проект по всем видам его деятельности будет не менее соответствующего оттока) в пределах жизненного цикла проекта. Правда, если экономика стационарна (см. далее), то условие финансовой реализуемости более щадящее - для финансовой реализуемости достаточно неотрицательности на каждом шаге не суммарного, а лишь накопленного сальдо (т.е. собственного суммарного плюс остаток суммарного на предыдущем шаге), что нередко представляется более легким условием. Тем более, что согласно принятой в мировой практике (Всемирный Банк, МВФ и др.) и перенесенной в Россию, в том числе и посредством [1], концептуальной схеме анализа эффективности инвестпроектов, проверка их системной реализуемости предшествует стадии оценки эффективности. Так что, если проект корректно «дожил» до стадии расчета его эффективности, то, как правило, он должен быть реализуемым. Но именно в условии корректности дожития «hier ist der Hund gegrundet» - часто рациональная схема расчета и последовательность этапов по ней нарушается, а нередко в нашей российской нестационарной экономике на современном этапе расчеты указанного типа вообще не делаются и даже инвестпроекты как сборники соответствующих документов и материалов вообще отсутствуют, а проектные объекты, в том числе достаточно капиталоемкие, уже реализуются. Что, конечно, в итоге приводит к большим потерям при строительстве крупномасштабного объекта и снижению системной и народнохозяйственной эффективности.

3. Авторы не первый раз обращаются к тематике оценки крупномасштабных инвестиционных проектов [3, с. 69-80]. Основные положения, изложенные в данной публикации (если опустить чисто транспортные фрагменты и терминологию), могут быть успешно обобщены в настоящей статье. Выглядеть это после коррекции будет следующим образом.

Под крупномасштабным инвестиционным проектом (КИП), осуществляемым с целью развития мощности или совершенствования функционирования какого-либо народнохозяйственного комплексно-отраслевого или регионального кластера (машиностроительного, энергетического, дальневосточного и т.д.) будем понимать такое изменение потенциала системы (в одном или нескольких производственных/инфраструктурных и региональных кластерах), которое существенно влияет на технические и социально-экономические характеристики всей производственной системы страны или крупных ее составных частей, а иногда и на политические условия производства в них, на появление новых направлений и задач. Их решение нередко обладает заметной спецификой, связанной как с содержательными аспектами, так и с крупномасштабностью изменений, порождаемых рассматриваемым КИП.

Специфика КИП выражается в следующих важнейших элементах, достаточно инвариантных относительно содержания производственной деятельности кластера:

- потребность в значительных объемах инвестиционных ресурсов и в связи с этим, во-первых, приоритетное значение оценок эффективности инвестиций КИП и, во в-вторых, необходимость, как правило, формирования «пула инвесторов»;
- важность учета динамического аспекта не только при непосредственной оценке эффективности конкретного КИП или его варианта, но и формирования самого множества альтернативных допустимых его вариантов;
- необходимость изменения принципов и алгоритмов оценки эффективности инвестиций в КИП, отказ от критериальных показателей разработанных применительно к оценкам эффективности

«малых» мероприятий и использования в основном принципа сравнения «с проектом и без проекта». Эта важная специфика КИП должна учитываться по рекомендациям фундаментальных диссертационных работ – докторской А.Л. Лурье 1964 года[7] и кандидатской К.Н. Дмитриева 2013 года[8];

- недетермнированность условий расчета эффективности инвестиций в КИП ввиду невозможности для КИП точно предсказать в течение нередко достаточно продолжительного жизненного цикла проекта будущие последствия реализации КИП, да и многие экзогенные макроэкономические параметры и показатели, вследствие неизбежной при оценках на перспективу неполноты и неточности экзогенно задаваемой информации;
- наличие в рамках КИП и отдельных вариантов его реализации большого числа взаимодействующих объектов, что обуславливает возникновение также часто синергических эффектов различной природы;
- необходимость во многих случаях при оценке эффективности КИП учитывать его влияние на смежные производственные кластеры, соответствующие регионы и страну в целом, в том числе за счет изменения не только внутренних, но и международных социально-экономических технологических и торговых связей;
- иерархичность мероприятий, реализуемых в рамках КИП, и зависимость используемых критериев и методов оценки от уровня мероприятия. Влияние на выбор метода оценки оказывает иерархичность мероприятий (таблица 1).

Таблица 1. Классификация инвестиционных проектов

Категория проекта	Методы оценки
Глобальный	Политической воли, всеобщего блага и здорового прагматизма
Народнохозяйственный	DCF + общественная эффективность + макроэкономический анализ + «Политической воли»
Крупномасштабный	DCF + региональная/отраслевая эффективность
Локальный	DCF: NPV, IRR, PI, …

В настоящей статье, рассмотрены основные принципы и особенности методов оценки крупномасштабных инвестиционных проектов в рамках известной классификации - согласно официальному Документу [1]**:**

- Глобальные проекты - реализация подобных мероприятий существенно влияет на экономическую, социальную или экологическую ситуацию на Земле.
- Народнохозяйственные проекты - существенно влияют на экономическую, социальную или экологическую ситуацию в стране.
- Крупномасштабные проекты, реализация которых существенно влияет на экономическую, социальную или экологическую ситуацию в отдельных регионах или отраслях страны.
- Локальные проекты, реализация которых не оказывает существенного влияния на экономическую, социальную и экологическую ситуацию в регионе и не изменяет уровень и структуру цен на товарных рынках.

На сегодняшний день наиболее проработанной, а также логически и математически непротиворечивой [4, раздел 6; 11, стр. 8-14] моделью оценки экономической эффективности инвестиций является модель дисконтированного денежного потока (DCF – “discounted cash flow”), позволяющая принимать решения на базе системы показателей таких как: NPV, IRR, PI, PP и т.д. Стоит отметить, что из перечисленных показателей только NPV позволяет ранжировать проекты, в то время как все остальные – лишь отделять эффективные от неэффективных [3, глава 5; 11, глава 2].

Основной инструмент оценки инвестиционных проектов – DCF модель является теоретически обоснованным только в предположении, что для лица или структуры, принимающих решение о реализации, рассматриваемое мероприятие является малым в смысле несущественного влияния на внешнее по отношению к проекту окружение (макроэкономические параметры, социальную и экологическую обстановку). По отношению к народному хозяйству крупномасштабное мероприятие является малым и оценку его эффективности можно осуществлять на базе метода дисконтированного денежного потока, при условии принятия решения на уровне федеральных властей (как в принципе и региональных, если проект влияет на несколько административных субъектов, но не на весь регион).

[7] *Основные положения докторской диссертации А.Л. Лурье опубликованы в [4].*
[8] *Основные положения кандидатской диссертации К.Н. Дмитриева опубликованы в [5].*

Иначе обстоит дело с оценкой проектов народнохозяйственной и глобальной значимости, требуется проверка оптимальности всей экономической системы в целом с рассматриваемым нелокальным мероприятием и без него, что представляется едва ли реализуемым на сегодняшний день в России с практической точки зрения. Неоспоримым фактом является обязательность оценки общественной эффективности любого инвестиционного проекта, независимо от его масштаба и значимости [13, раздел 2.3], особенно если проект является нелокальным, так как не учёт последствий крупного мероприятия может привести к негативным последствиям для целого ряда социально-экономических групп.

Вообще говоря, с точки зрения развития мировой экономической теории, тема общественного благосостояния не является новой и уже изучается на протяжении длительного периода времени. В России исследования социального благосостояния и влияния различного рода инвестиционных мероприятий на него активно проводились в период существования СССР, основные результаты были получены и отражены в статьях выдающихся отечественных экономистов А.Л. Лурье, В.Л. Канторовича, В.В. Новожилова, В.С. Немчинова, Т.С. Хачатурова и др. Вопрос измерения общественной эффективности во многом носит метафизический характер, поднимая проблемы социальной справедливости, вследствие чего допускается множество различных точек зрения и интерпретаций, особенно при использовании аргументов морально-нравственного соображения. Тем не менее, на сегодняшний день разработан вполне обоснованный и технически приемлемый алгоритм оценки общественной эффективности инвестиционных проектов, который описан в официально действующей Методике [1] и, более подробно, в Проекте Методики [15] и ряде монографий [1, 2, 4, 12]. Документом [1] рекомендуется при оценке эффективности инвестиционных проектов, наряду с оценкой коммерческой эффективности проекта в целом, а также участия инвесторов в нем, осуществлять расчет эффективности инвестиционного мероприятия для структур более высокого уровня (государство, регион бюджет и т.д.).

4. Предметом рассмотрения в данной статье является анализ особенностей оценки эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов в условиях нестационарности реформированной экономики России. Предлагаемые далее нетрадиционные подходы к оценке эффективности инвестиций обусловлены некоторыми особенностями как самой задачи, так и текущего состояния экономики страны, которую в целом можно охарактеризовать, как нестационарную и постстагнационную. При этом под стационарной экономикой в данном случае понимается хозяйственная система, имманентная благополучным промышленно-развивающимся странам, макроэкономические показатели деятельности которой относительно плавно меняются либо монотонно, либо в рамках нормальных рыночных циклов и динамика значений которых достаточно хорошо предсказуема - по крайней мере, в краткосрочной, а нередко и среднесрочной перспективе. Соответственно под нестационарной экономикой понимается хозяйственная система, которой присущи достаточно резкие и плохо предсказуемые изменения многих макроэкономических показателей, динамика которых не отвечает нормальному рыночному циклу, а скорее присуща кризисным или посткризисным экономическим процессам. Необходимыми признаками нестационарности процесса, в том числе и экономического, являются наличие устойчивой, нередко неблагоприятной тенденции к заметному трудно поддающемуся позитивному изменению существующего положения дел, наличие неопределенного будущего и критических значений параметров.

Применительно к рассматриваемой проблеме – оценке эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов в условиях нестационарной экономики - содержание ее особенностей заключается в следующем [6, 7, 8]:

- изменение во времени, т.е. по шагам всех параметров и характеристик проекта (продолжительности шагов, значений ставок дисконта, величин финансовых притоков и оттоков по шагам и др.);
- необходимость коррекции финансового потока (и его элементов - притоков и оттоков - по шагам) с целью учета в стоимостной форме экстерналиев социального, экологического и т.д. плана для компенсации соответствующих провалов рынка. При расчетах общественной эффективности необходима конверсия ожидаемых рыночных цен на ресурсы и продукты в общественные (экономические цены);
- при итоговом расчете эффективности проекта необходима замена локальных критериев эффективности (NPV, IRR и т.д.) на сравнение ожидаемых интегральных эффектов за период жизненного цикла проекта на основе «сравнения корректно подсчитанных интегральных эффектов с проектом и без проекта»;

- недопустимость применения западных методик расчета эффективности, разработанных для стационарных макроэкономических условий и локальных проектов;
- относительно высокая доля привлеченных средств в составе капитала проекта и относительно высокая их цена (в основном, из-за относительно малого количества денег в экономике), что не позволяет пользоваться обычными за рубежом приближенными методами финансового анализа (например, ограничиться расчетом эффективности инвестиционного проекта в целом при средневзвешенной стоимости капитала);
- многовалютность финансовой системы, относительно высокая и неоднородная инфляция, причем не только национальной валюты, что приводит к необходимости специальных методов учета ее влияния;
- отсутствие безарбитражного эффективного фондового рынка, сложная структура и достаточно высокий уровень различных видов рисков (в том числе не только странового, но и регионального, не только систематического, но и подлежащего учету несистематического, который при таком фондовом рынке невозможно нулифицировать или хотя бы многократно уменьшить путем диверсификации активов и др.);
- ограниченные возможности использования закономерностей реального финансового рынка в установлении ставок дисконта, нецелесообразность отражения риска в ставках дисконта и, как следствие, необходимость использования при непосредственной оценке эффективности критериальных показателей, корректность применения которых обоснована;
- относительно высокие и переменные банковские процентные ставки;
- отсутствие развитого рынка имущества, из-за чего различные виды его стоимости (справедливой, рыночной и т.д.) в несколько раз могут отличаться;
- ограниченность бюджетных средств, с одной стороны, и нередко возникающая необходимость их привлечения для реализации инвестиционного проекта - с другой.

Ниже в таблице 2 более подробно описана специфика стационарных и нестационарных экономических систем [1, 2, 7].

Таблица 2. Специфика стационарных и нестационарных экономических систем

Фактор	Тип системы	
	Стационарная	Нестационарная
Динамика макропоказателей	Динамика спокойная, отвечающая нормальному рыночному циклу Обычно растущий тренд и согласованные с ним объемы инвестиций Близкие к рациональным соотношения значений макропоказателей	Динамика носит неспокойный и часто нерегулярный характер Имеет место спад производства, резкое сокращение производственных инвестиций Заметно отличающиеся от стационарной экономики соотношения значений макропоказателей
Фискальная Система	Сбалансированная в соответствии с фазами рыночного цикла бюджетная политика и политика заимствований, рациональная структура государственных расходов Рациональная, сложившаяся и относительно редко меняющаяся система налогообложения	Нерациональная структура государственных расходов Сложная нерациональная и нестабильная налоговая система
Риски	Стабильная структура рисков, отсутствие или весьма низкий уровень вариационных несистематических рисков Достаточно хорошая прогнозируемость рисков	Сложная структура рисков, включающая и систематические и несистематические риски, причем последние особенно значительные Плохая прогнозируемость рисков
Рынки	Сформировавшиеся рынки, развитый эффективный, близкий к безарбитражному фондовый рынок, позволяющий путем диверсификации элиминировать значительную часть несистематического риска Высокий уровень объективности рыночной стоимости активов, близость ее к «справедливой стоимости»	Неустановившиеся рынки, в особенности фондовый рынок, возможность операций с большим эффектом арбитража Существенные различия между «справедливой стоимостью» ценных бумаг, недвижимости и т.д. и их рыночной стоимостью

Фактор	Тип системы	
	Стационарная	Нестационарная
Инфляция	Относительно низкая, достаточно однородная, (в том числе по различным ресурсам, продуктам и видам используемых валют) Стабильная с низким трендом и малыми циклическими отклонениями от него	Относительно высокая, неоднородная Переменная во времени со значительными изменениями по шагам
Кредитно-денежная система	Фактически одновалютная Устойчивая Стабильное финансовое, в том числе налоговое законодательство Нормальные, определяемые рисковыми характеристиками, соотношения между стоимостями разных видов капитала Стабильные процентные ставки, нормы дисконта и т.д.	Фактически многовалютная Недостаточно устойчивая Нестабильное финансовое положение (процентные ставки банков и др.) и соответствующее законодательство, в том числе налоговое Высокий уровень стоимости капитала, порою инверсные соотношения стоимостей собственного, заемного и др. видов капитала Изменяющийся темп падения ценности денег (норм дисконта)

Есть, конечно, и другие определения нестационарности экономических систем, им присущи и несколько иные особенности. Так, в [16, с. 28] при анализе равновесного и неравновесного состояний экономических систем отмечается: «мы называем систему нестационарной, если она имеет несколько (не менее двух) различных реализуемых состояний, причем в каждый данный момент времени только одно из них реализовано», причем «состояние системы реализуемо, если имеется некоторый набор условий, при выполнении которых оно будет находиться в некоторой области реально существующего пространства времени… на метафорическом языке можно сказать, что для таких систем справедлив принцип «целое не равно сумме своих частей» и «будущее может сильно отличаться от прошлого»».

Отечественный опыт оценки эффективности инвестиционных проектов в советское время связан с работами ученых Института экономики под руководством академика Т.С.Хачатурова, результаты которых аккумулированы в Типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений, утвержденной Постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума АН СССР в 1969 году. В документе впервые применено дисконтирование капитальных затрат [9, 10].

В шестидесятых годах прошлого века теория оценки эффективности инвестиционных проектов получила свое продолжение в трудах экономистов-математиков, развивающих в нашей стране теорию оптимального планирования экономических процессов. В частности, речь идет о работах А.Л. Лурье, Л.В. Канторовича, В.В. Новожилова, В.Н. Лившица, С.А. Смоляка, Л.А. Ваага, С.Н. Захарова, К.Н. Дмитриева [4, 5, 11, 12, 13, 14].

Особый вклад в разработку методологии оценки эффективности инвестиционных проектов и формирование критериев оценки эффективности внесли ученые, работавшие над проблемой оценки новой техники, изобретений и технологий, то есть всего того, что сегодня определено как инновации. Под руководством Д.С. Львова при участии В.Н.Лившица, Г.И. Микерина, В.Савеличева, С.А.Смоляка была разработана общая для всего народного хозяйства методика оценки эффективности новой техники [15], на основе которой формировались отраслевые методики.

Опыт оценки эффективности инвестиционных проектов на основе чистого дисконтированного дохода, накопленный в разных отраслях, отражен в публикациях инженеров и экономистов - на железнодорожном транспорте (М.М.Протодьяконов, А.Л.Лурье, А.Е.Гибшман, В.И.Петров, Г.И.Черномордик, Б.С.Козин, И.Т.Козлов, Э.И.Позамантир и др.), в энергетике (Л.А.Вааг, С.Н.Захаров, В.В.Болотов, А.А.Макаров и Л.А.Мелентьев и др.).

Методы оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях перехода страны от централизованно-плановой системы хозяйствования к рыночной разрабатывались специально созданным авторским коллективом научных работников, госслужащих, проектировщиков и представителей бизнес-среды (в него вошли, в частности, известные российские ученые-экономисты

В.В.Коссов, В.Н.Лившиц, П.Л.Виленский, С.А.Смоляк, А.Г.Шахназаров, В.П.Трофимов, А.П.Первозванский и др.) [1].

Первые результаты работ коллектива авторов изложены в «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования», утвержденных Госстроем России, Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госкомпромом России в 1994 году.

Анализ практики применения этих Методических рекомендаций в России в течение пяти лет позволил существенно улучшить данный документ с точки зрения отражения в нем особенностей переходной экономики. В 1999 году тем же авторским коллективом была разработана вторая редакция Методических рекомендаций, которая до сих пор широко применяется для оценки эффективности инвестиционных проектов в различных отраслях.

Общая идеология Методических рекомендаций заимствована из западных методик: расчет эффективности ведется на основе модели финансового потока (cash flow); используется принцип учета упущенной выгоды (opportunity cost); основной критерий - чистый дисконтированный доход, прочие - индекс доходности, внутренняя норма доходности, срок окупаемости и другие.

Речь идет о западных методиках оценки эффективности инвестиционных проектов, наиболее ярко представленных стандартными процедурами проектного анализа, принятыми в Мировом банке, ЮНЕСКО и других международных организациях. Различные аспекты этих методик развиваются в работах идеологов теории оценки эффективности инвестиций, сформулировавших основные идеи и модели Cost-Benefit и Cost-Effectiveness Analysis [17].

Дальнейшее развитие отечественной теории эффективности инвестиционных проектов связана с ее адаптацией к условиям нестационарности российской экономики, в частности речь должна идти о применении адекватных текущей экономической ситуации критериев эффективности. Этим целям служит и рекомендуемый в данном докладе нетрадиционный подход к оценке эффективности проектов в рамках которого понимается, прежде всего, некоторая корректировка основного традиционного критерия «чистый дисконтированный доход проекта» (ЧДД или NPV (Net Present Value).

Следует признать, что этот традиционный критерий ЧДД является в каком-то смысле «титулом эффективности». Это означает, что он не содержит информации о реальных денежных средствах, получаемых инвестором.

В отличие от ЧДД рассматриваемые ниже показатели[9] позволяют оценивать реальный объем денежных средств, получаемых за счет реализации проекта. Показателем эффективности вложений является капитал, накопленный за их счет к концу проекта с учетом компаундирования эффективно используемых прибылей, получаемых в процессе функционирования проекта по шагам его жизненного цикла (соответствующие показатели чистого накопленного в конце проекта компаундированного суммы).

Сравнение традиционных и новых критериальных показателей оценки эффективности инвестпроектов позволяет заключить, что:

1. Основной характеристикой эффективности проекта является его реальный наращенный доход, который определяется как разность между наращенным к концу проекта доходом и приведенной к тому же моменту упущенной выгоды от альтернативного вложения капитала.
2. Под наращенным доходом проекта понимается сумма средств, которая окажется в распоряжении инвестора к концу проекта за счет получения доходов от проекта и их использования.
3. При определении наращенного дохода учитываются конкретные (предусмотренные проектом) способы использования (рефинансирования) средств, генерируемых проектом.
4. Упущенная выгода от альтернативного вложения капитала вычисляется по-разному в зависимости от направления альтернативных вложений. При ее приведении к концу проекта используется ставка компаундирования, отражающая наибольшую доходность альтернативных и доступных инвестору направлений реинвестирования.

Представляется, что такой подход делает критерий эффективности более «прозрачным»; он лучше, чем традиционные показатели (ЧДД (NPV), ВНД (IRR) и др.), приспособлен к условиям неразвитого фондового рынка и другим факторам нестационарности российских рыночных реалий;

---

[9] *Впервые подробный научный анализ некоторых таких критериальных показателей (ЧНД, РНД, RFV, RFPV и др.) был выполнен в кандидатской диссертации С.В. Лившиц, защищенной в ЦЭМИ РАН в 2001 году при научном руководстве академика Д.С. Львова. Идея перехода от дисконтированных к компаундированным интегральным критериальным показателям была внесена в упомянутой диссертации С.В. Лившиц на основе ее опыта работы в банковской сфере.*

позволяет единообразно оценивать альтернативные издержки по материальным фондам и финансовым ресурсам; может быть использован в процессе мониторинга осуществления проекта.

Инвестор, участвуя в проекте при нестационарном макроэкономическом окружении, неэффективном фондовом рынке, хочет получить не просто максимальную дисконтированную к нулевому шагу чистую экономическую прибыль, т.е. максимальный ЧДД на собственный капитал, а хочет иметь в конце расчетного периода (жизненного цикла проекта) максимально возможную реальную величину собственного капитала с учетом доступных ему (или заданных) конкретных сценариев (вариантов) эффективного использования (реинвестирования) располагаемого на каждом шаге капитала, формируемого за счет получаемой из проекта прибыли.

В этом случае более естественно называть критериальные показатели реальными и за базу приведения (накопления) эффектов инвестора от получаемой на каждом шаге прибыли брать не начало, а конец жизненного цикла и к нему компаундировать все притоки и оттоки по ставкам обобщенного депозита, учитывающим на каждом шаге действительные рациональные возможности использования полученной (в том числе и на предыдущих шагах) чистой экономической прибыли.

5. Приведенный в [6, с. 43-85] системный анализ опубликованных официальными статистическими госорганами нашей страны (Госкомстатом и Росстатом РФ) значений важнейших социально-экономических показателей России доказывает, что весь период проведения в ее экономике и социуме трансформационных реформ (1991-2019 гг.) по переходу от централизованно-плановой к рыночной системе хозяйствования и управления социальной сферой социально-экономические процессы в России:

- носят нестационарный характер;
- принятая государством стратегия рыночного реформирования, по-видимому, потенциально была правильной и эффективной, но в сочетании с неолиберальной монетаристской тактикой проведения реформ методом шоковой терапии оказалась для экономики и социума страны реально катастрофичной (особенно на первом этапе в 90-е годы XX века): существенно был разрушен оставшийся с советских времен мощный производственный потенциал, неэффективно для населения проведена коммерциализация сферы услуг и приватизация госсобственности, произведено неудачное реформирование системы всех видов образования и т.д.
- в итоге имеется обнищание основной массы российского населения (около 20 млн россиян имеют доходы ниже нищенского прожиточного минимума, составляющего в 2019 году для трудоспособного населения 11280 рублей в месяц, возникла и сохраняется до сих пор недопустимо высокая дифференциация доходов населения – даже по официальным данным Росстата коэффициент фондов выше 16 – худшая ситуация среди всех развитых и развивающихся стран Европы и Северной Америки и т.д.).
- положение предполагается исправить путем реализации майских 2012 и 2018 годов указов Президента РФ, согласно которым должно было быть создано 25 млн новых современных роботизированных рабочих мест, вдвое снижен уровень бедности населения, резко увеличен темп развития экономики (должен стать выше среднемирового, РФ по темпу роста ВВП должно войти в шестерку самых передовых стран мира, резко повышен рейтинг обучения в наших университетах и т.д.).
- реально исполнение майских указов Президента РФ встречает большие трудности – так, например, темп роста ВВП РФ в 2018 году составил 2,3%, что заметно ниже среднемирового, а в 2019 году он ожидается на уровне 1,3%.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденные 21 июня 1999 года Минэкономики, Минфином и Госстроем России. - М.: Экономика, 2000. – 435 с.

2. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. 5-е изд. - М.: Поли Принт Сервис, 2015. – 1300 с.

3. *Лившиц В.Н.* Крупномасштабные транспортные проекты России. // В сборнике «Управление развитием крупномасштабных систем» гл.4 / Под ред. А.Д.Цвиркуна. - М.: Физматгиз, 2012. - С.69-80.

4. *Лурье А.Л.* Экономический анализ моделей планирования социалистического хозяйства. - М.: Наука. 1973. – 435 с.

5 *Дмитриев К.Н.* Учет фактора времени при оценке эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов // Труды ИСА РАН. Том 63. 1/2013. - С. 47-55.

6. *Лившиц В.Н.* Системный анализ рыночного реформирования нестационарной экономики России: 1992-2013. - М.: ЛЕНАНД (URSS) 2013. – 640с.

7. *Лившиц В.Н., Лившиц С.В.* Учет нестационарностей при оценках инвестиций в России // Аудит и финансовый анализ. – М.: Изд. дом «Компьютерный анализ», 1999. № 1. С.61-90.

8. *Лившиц В.Н., Лившиц С.В.* Макроэкономические теории, реальные инвестиции и государственная российская экономическая политика. - М.: URSS, 2008. - 245 с.
9. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений // Под ред. Т.С. Хачатурова. - М.: Экономика, 1968. С. 3-42.
10. *Хачатуров Т.С.* Эффективность капитальных вложений. - М.: Экономика, 1979. - 336 с.
11. *Канторович Л.В.* Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. - М.: Изд-е АН СССР, 1959.
12. *Новожилов В.В.* Проблемы соизмерения затрат и результатов при оптимальном планировании. – М.: Экономика, 1968. - 376 с.
13. *Лившиц В.Н.* Выбор оптимальных решений в технико-экономических расчетах. - М.: Экономика, 1971. - 256 с.
14. *Вааг Л.А., Захаров С.Н.* Методы экономической оценки в энергетике. - М.: Госэнергоиздат, 1962.
15. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / Под ред. Н.П. Федоренко и Д.С. Львова. - М.: Экономика, 1977.
16. Костюк В.Н. Понятие сложности и нестационарности экономических систем // Труды ИСА РАН. Том 68. 3/2018 - С. 27-35.
17. *Brent Robert J.* Applied Cost-Benefit Analysis. Edward Elgar, Cheltenham,UK, Lyme, US, pp. 336.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СУПЕРВИЗОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АЭС

Полетыкин А.Г

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
poletik@ inbox.ru

Введение

В середине 90-х годов прошлого века атомная промышленность России начала стремительный выход на мировой рынок. Ряд стран (Иран, Индия, Китай и другие) проявили заинтересованность в приобретении отечественных энергоблоков с реакторами на легкой воде типа ВВЭР-1000. Потенциальных заказчиков устраивали экономические характеристики российских АЭС, их надежность и безопасность. Вместе с тем, ряд подсистем АЭС их не устраивал.

К ним, в первую очередь, относились автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), которые строились на основе традиционных средств автоматики с жесткой логикой, а программируемые контроллеры практически не применялись. Кроме этого, средства контроля и управления блочного пульта АЭС создавались на основе архаичных средств - стрелочные приборы, самописцы, световые индикаторы, ключи индивидуального управления оборудованием и т.п. В результате отечественные АСУ ТП АЭС занимали огромные помещения, требовали большого количества эксплуатационного и ремонтного персонала. Не были также реализованы алгоритмы контроля, управления и диагностики, повышающие безопасность АЭС, наличие которых является обязательным в соответствии с требованиями МАГАТЭ. К ним, в частности, относятся: система представления параметров безопасности АЭС, система регистрации важных параметров эксплуатации и другие.

В целом, отечественные АСУ ТП АЭС практически по всем параметрам уступали своим зарубежным аналогам. При этом для АЭС «Бушер», строившейся в Иране, закупки зарубежных технологий были невозможны из-за эмбарго. Было решено создать собственную лицензионно-чистую цифровую АСУ ТП, которую можно поставлять в любые страны без ограничений. Она должна соответствовать требованиям по безопасности в области атомной энергетики, широко применять программируемые контроллеры, цифровые средства передачи информации, включать расчетные и диагностические задачи. Причем в центре АСУ ТП должна находиться интегрирующая часть – вычислительная система верхнего блочного уровня (СВБУ), которая должна концентрировать информационные потоки и предоставить оперативному персоналу АЭС удобные, надежные и быстрые средства управления АЭС, на современном уровне решать как традиционные задачи, так и задачи, повышающие уровень безопасности АЭС.

Задача создания СВБУ была успешно решена усилиями нескольких организаций, включая ОАО «Атомэнергопроект», ЭНИЦ, ФГУП «ФНПЦ НИИИС» и ИПУ РАН. Основные сведения о работе

представлены в открытой печати на русском и английском языках. (Наиболее подробно сведения изложены в монографии [1], доступной по ссылке:

http://www.ipu.ru/sites/default/files/page_file/busher.pdf.)

Технические решения по СВБУ АСУ ТП АЭС «Бушер» успешно используются на действующих АЭС за рубежом (АЭС «Куданкулам», блоки 1-2 в Индии) и на новых АЭС в России (Калининская АЭС, блоки 3, 4, Нововоронежская АЭС, блок 6,7).

На каждой АЭС имеются отличия в реализации СВБУ, что позволяет объективно провести их сравнительный анализ. В работе это будет сделано.

За прошедшие 20 лет с момента, когда были сформулированы основные решения по СВБУ, произошли революционные изменения в области вычислительной техники, которые привели к фундаментальным культурным сдвигам, изменили мышление человека. Произошли изменения требований, зафиксированных в нормативной документации. Приобрели остроту старые вызовы и угрозы, такие как проблема подтверждения качества программного обеспечения, кибератаки. Проявились новые, например, укорочение жизненных циклов компонентной базы. Это делает актуальным пересмотр основных технических решений по СВБУ, внесение изменений в жизненный цикл, поиск новых решений, которые были бы достаточны в среднесрочной перспективе: до 2030 года.

Данная работа является частью масштабных исследований, проводимых в ИПУ РАН в области систем АСУ ТП. Результаты исследований опубликованы в [2-14].

1 Дисплеи широкого формата и высокого разрешения

В 90-х - 2000-х годах профессиональные компьютерные дисплеи имели размеры до 20” (или чуть выше). Разрешение SGA позволяло размещать их на дистанции 70-100см от глаз человека и обеспечивать комфортную работу. Если требовалось расширить площадь, то применялись 2 (реже 3 или более) дисплеев или размещали дисплеи в две ряда (4-6).

Несколько дисплеев на одном рабочем месте имеют один недостаток: невозможно отобразить окна большого размера. А это важное ограничение в АСУ ТП, где информация об объекте управления часто носит связный характер.

В нестоящее время промышленность получила возможность создавать дисплеи практически неограниченного размера с размерами пикселей не больше чем у тех, что были раньше. При этом четкость, контрастность и реактивность значительно улучшились. (А цена наоборот стала меньше.)

ТВ панели с отношением сторон 4:3 снимаются с производства.

Освоены промышленные производства ТВ панелей размерами до 215 см (85") с отношением сторон 16:9 для:

- FHD (2К)- разрешение 1920*1080
- UHD (4К) - разрешение 3840*2180
- перспективное (8К) - разрешение 7680*4320.

Появились панели с отношением сторон 21:9, с разрешением: 2560*1080, 3840*1600, 5120*2160 с размерами до 2,6 м (105”).

На смену LCD начинает приходить OLED (Organic Light Emitting Diode). Технология, обеспечивает:

- минимальное время отклика,
- широкий угол обзора и отличную передачу цвета,
- низкое энергопотребление,
- возможность создавать гибкие экраны,
- диапазон рабочих температур (от −40 до +70 °C)

На сегодня недостатком OLED-телевизоров является непродолжительное время работы, относительно ЖК-панелей - 30 тысяч часов против ста тысяч.

Поэтому на рабочих местах пультов управления вместо много дисплейных конструкции можно применять одно дисплейные и снять ограничение на размер окон, доведя его до охвата всей зоны видимости одного человека.

2 Интернет, беспроводные технологии и мобильные устройства

Беспроводные технологии разнообразны. Они включают инфракрасные устройства, устройства на основе радиоволн, на основе света и т.д.

Развитие Интернет и беспроводных технологий носило взрывной характер и в настоящее время почти все пространство земли оказалось ими охвачено.

Вместе с мобильными устройствами они превратили большинство мест в околоземном пространстве в точки доступа к информации.

В профессиональной области эти технологии позволили интенсифицировать труд людей в том месте, где они находятся и тогда, когда это нужно.

На промышленных предприятиях это позволило качественно повысить информационную оснащенность работников, связать их напрямую с автоматизированными системами управления.

Беспроводные технологии позволили включать в контуры управления для решения сложных задач уникальных (и труднодоступных) людей-экспертов, находящихся вне предприятий.

Технологии оказали качественное влияние на поведенческую культуру людей: с точки зрения современного человека доступ к информации (всей/любой) есть/должен быть всегда и находится рядом с ним. (А отсутствие этой возможности вызывает у современного человека чувство оторванности, беззащитности.) Разработчики автоматизированных систем управления должны рассматривать это как одно из главных (если не основных) эргономических требований.

В части беспроводных сетей:

- Повышение несущей частоты WiFi:
- Широко освоенный стандарт 802.11ac- несущая частота -5Ггц.
- Стандарт 802.11ad (Технология WiGig) - несущая частота- 60Ггц. Специфированный предельный скоростной уровень для WiGig – 8 Гбит/с, в 3-5 раз быстрее, чем у современных устройств, поддерживающих стандарт 802.11ac (Wave I), при этом радиус покрытия технологии ограничивается 10 метрами. Считается, что WiGig с легкостью вытеснит с рынка технологию Bluetooth.
- Начинает развиваться технология Li-Fi (Light Fidelity) (Стандарт IEEE 802.15.7), которая позволяет передавать с помощью светодиодной лампы информацию на очень высоких скоростях, и по факту является оптической, высоко помехоустойчивой версией Wi-Fi.

Стандарт IEEE 802.15.7 определяет для Li-Fi физический уровень сетевой модели OSI PHY (Physical layer), а также уровень управления доступом к среде MAC-адрес (Media Access Control.

Преимущество Li-Fi в сравнении с Wi-Fi:

1 Использует электромагнитный спектр светового диапазона и соответственно может имеет более широкую полосу пропускания (проверенные скорости передачи до 224 Гб/с).

2 Может иметь детерминированную (заранее определенную) зону (площадь) покрытия в пределах прямой видимости, что позволит обеспечить более высокий уровень информационной безопасности.

3 Возможность использования системы освещения для организации, локальной вычислительной сети с регламентированными зонами доступа (см. рис. 1).

4. Отсутсвие кибер угроз.

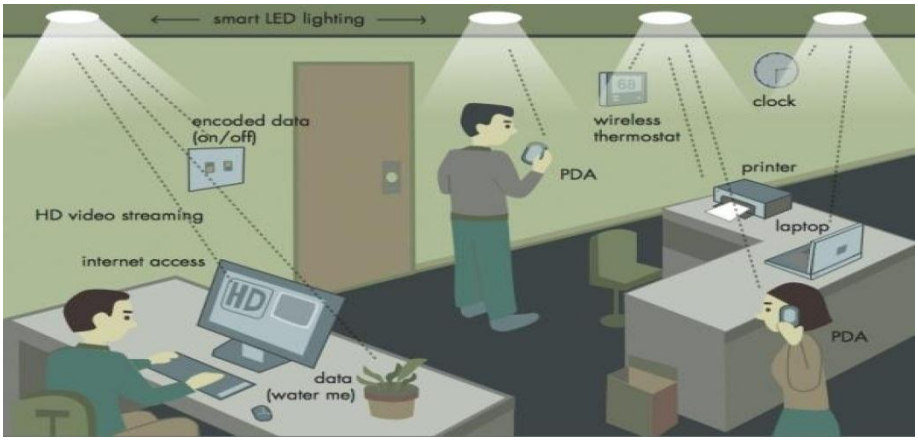


Рис. Вычислительная сеть на основе света.

Применение технологий поможет повысить комфортность для людей при выполнении служебных обязанностей за счет снятия ограничений, связанных с обязанностью находиться на рабочих местах в сидячем или стоячем положениях и т.п.

3 Контактные устройства

Данный вид устройств (браслеты, датчики, часы, наушники, очки и др.) улучшают жизнь и бурно завоёвывают популярность у людей.

Часть из них пассивна и управляются командами от человека. Это наушники, очки для просмотра фильмов и др.

А некоторые устройства активно взаимодействуют с людьми. Пока в ограниченном объеме: для браслетов и часов это контроль пульса, давления, управление двигательной активностью и т.п.; для устройств дополненной реальности - навигация в пространстве.

Общим для этих устройств является наличие органов ввода информации от человека и устройства для прямого воздействия на органы его чувств: тактильные, звуковые, световые.

Если разместить эти устройства на теле и/или одежде человека можно контролировать параметры его здоровья, эмоциональное состояние, перемещения, разговоры и т.д. А если использовать устройства воздействия на человека, то можно им управлять. Это открывает широкие возможности для совершенствования управления производством, в котором используются люди.

Для потенциально опасных объектов контроль и управление персоналом является одной из важнейших задач. Применение контактных устройств поможет ее решать гораздо эффективнее. Люди, оснащенные контактными устройствами, могут включаться в качестве объектов в автоматизированные системы управления.

4 LINUX и виртуализация в системном программном обеспечении

Linux и стандарты POSIX, ANSI C, X11 и др. заняли доминирующее положение и породили семейства операционных систем, завоевавшие основные рынки системного программного обеспечения (СПО), включая СВУ АЭС. Альтернатив этой тенденции пока не наблюдается, хотя попытки имеют место.

Тенденция имеет два направления. Первое состоит в создании полноценных полифункциональных систем, которые конкурируют с MS Windows. Это «системы для бедных» или для тех, кто не может использовать качественные проприетарные продукты (спецслужбы, военные и т.п.). Они не очень надежны, еще менее стабильны и редко используются в промышленных офисах.

Примеры: Fedora, Альт Линукс и др.

Вторая тенденция: создание узкоспециализированных (с ограниченными функциями) СПО с ориентацией на специфическое оборудование. Эти СПО, наоборот, очень надежны и стабильны.

Примеры: MAC ОС, LICS и др.

Это имеет простое объяснение. Дело в том, что компоненты проприетарных СПО сделаны более качественно, чем у Linux. Естественно, полномасштабные СПО собранные на их основе будут лучше. Но узкоспециализированные СПО имеют необходимый минимум компонент и их можно лучше проверить. В результате у разработчиков со средними возможностями получаются высококачественные продукты.

Основываясь на опыте по созданию СПО для СВУ АЭС, предлагается продолжать линию LICS с периодом обновления в 10 лет.

До недавнего времени этапы жизненного цикла программ от модернизации до модернизации зависели от времени поддержки версий операционных систем производителями. При смене версии производителям прикладных программ, приходилось их адаптировать, внося существенные изменения, и (увы, неизбежно) на какое-то время снижая их надежность.

Для АСУ модернизация прикладных программ особенно вредна, опасна и затратна. Поэтому очень часто для их работы используются устаревшие технические средства (дорогие и не надежные) и устаревшие операционные системы иногда уже вне пределов поддержки производителями.

Чтобы продлить стабильные участки жизненного цикла прикладных программ начали широко применяться программные среды виртуализации. В их основе лежит принцип относительной стабильности сервисов, которые операционные системы предоставляют для разработчиков прикладных программ. Оказывается, что стабильные участки в жизненном цикле этих сервисов намного превосходят время жизни версий и самих операционных систем.

Было предложено выделить стабильные части из операционных систем и создать на их основе, так называемые среды виртуализации, которые играют роль стабильных промежуточных слоев между операционными системами и прикладными программами. (Подробнее см. Приложение 5).

Примеры: Oracle VM, Docker и др.

В результате стало возможным продлевать жизненный цикл прикладных программ на интервалы времени, определяемые сменой семейств процессоров (определяется системой команд), которые занимают многие десятки лет и сопоставимы со временем жизни АСУ промышленных объектов.

Предлагается разработать среду виртуализации для атомной энергетики с периодом обновления в 30 лет.

5 Тенденции развития вычислительных средств

Рост частоты процессора остановился. Закрытии Intel проектов, продолжателей архитектуры NetBurst (Pentium 4) в направлении увеличения тактовой частоты, по сути ознаменовало переход в эпоху многоядерных процессоров (см. рис. 2).



Рис. 2 Тренды развития процессоров

Наметился тренд вытеснения архитектурной платформы x86 архитектурой ARM. Монополии Intel и AMD с архитектурой платформой x86 начинает противостоять большая группа независимых изготовителей и разработчиков процессоров с архитектурной платформой ARM. При этом и Intel, и AMD начинают собственное производство ARM процессоров (см. рис. 3, 4).

ARM Holdings ожидает, что крупномасштабные развертывания серверов, основанных на ARMv8-A-совместимых процессорах, начнутся в 2016 или 2017 году и, что каждый четвёртый сервер в 2020 году будет использовать процессор с архитектурой ARM.

Специализирующаяся в области стандартов организация Linaro в настоящее время готовит к выпуску референсную Open Source-платформу для серверов, оснащенных процессорами с 64-разрядной архитектурой ARMv8-A. Эта платформа предоставит производителям чипов, проектировщикам и разработчикам свободное ПО и микропрограммные средства, необходимые для интеграции создаваемых ими продуктов и технологий в ARM-серверы.

Прогнозируется, что бурное развитие и применение ARM архитектуры будет обусловлено взрывными темпами роста технологии IoT (интернет вещей).

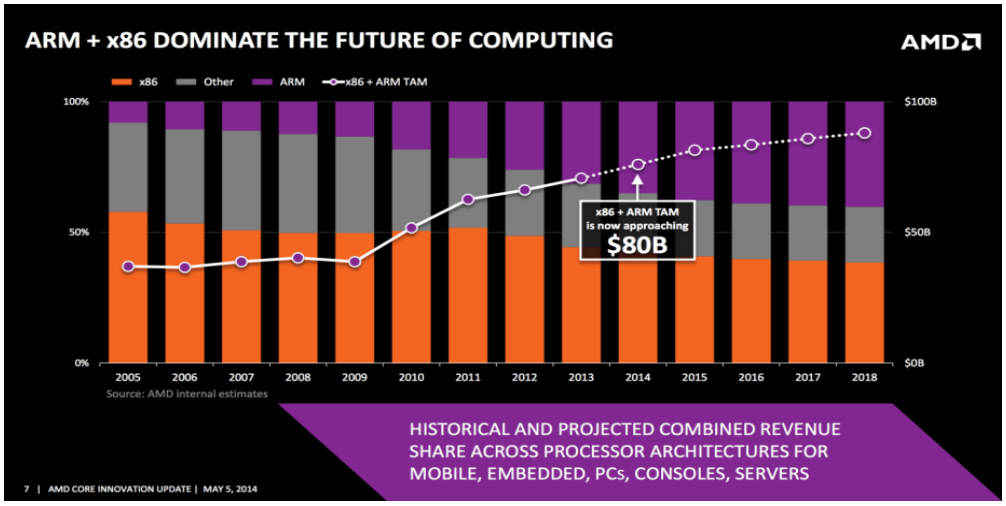


Рис. 3 Тренды развития ARM-процессоров



Рис. 4 Платы на основе ARM-процессоров

Значительное уменьшение массогабаритных характеристик, количества механических контактных соединений, тепловыделения, повышение надежности и помехоустойчивости основаны на технологиях SiP (System-in-Package, «система-в-упаковке») и SoC (System-on-Chip, «система-в-чипе»)

Примеры эволюции системных блоков рабочих станций представлены на рис. 4, 5 и 6, которые соответствуют 2005г., 2016 г. и 2017-2020гг.

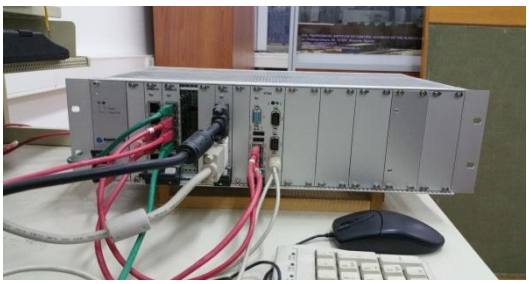


Рис. 4 Устаревший крейт



Рис. 8 Современный крейт



Рис. 9 Современная плата

В настоящее время широкое применение SoC технологий в телевизионных приемниках, превращает их в интеллектуальное информационное средство, подключенное к интернет среде.

Эволюция конструкции серверов основана на модульном принципе, называемые Blade-серверами, или серверами-лезвиями (blade — лезвие).

Первыми компаниями, интегрировавшие данные системы в свои IT-инфраструктуры, стали NASA и военные структуры. Впоследствии эту технологию производства серверного оборудования выкупила компания HP, а затем и другие компании – гиганты IT-индустрии: Intel, IBM, DELL, Cisco и др.

Помимо форм-фактора, основные отличия блейд-серверов от традиционных систем в том, что все необходимые элементы управления кластером серверов, мониторинга, питания, охлаждения и пр. физически расположены «в одной коробке». Объединяющим элементом является пассивная системная плата BackPlane.

Преимущества Blade-серверов:

- уменьшение стоимости и повышение надежности;
- сокращение количества коммутационных проводов;
- повышение удобства управления системой;
- уменьшение занимаемого объема;
- уменьшение энергопотребления и выделяемого тепла;
- высокая масштабируемость;
- гибкость.

Компании «Рикор» и «Альт Линукс» представили отечественный аппаратно-программный комплекс. Решение включает блейд-сервер от «Рикор» и операционную систему ALT Linux.

Как говорится в заявлении «Альт Линукс», блейд-сервер от «Рикор» построен на базе ARM-процессоров Armada-XP. На «лезвиях» этого блейд-сервера работает специальная сборка ALT Linux и различные решения под ее управлением.

Среди таких решений: стандартный сервер типа LAMP (Linux+Apache+MySQL+php); модульная система удаленного управления Alterator (ALT Linux); система управления бизнес-процессами Runa WFE; а также удаленное офисное рабочее место, доступное в режиме терминального доступа (VDI).

Подробнее:http://www.cnews.ru/news/line/rikor_i_alt_linuks_predstavili

Среди разнообразных средств получения информации наибольшую популярность получили несколько технологий искусственного интеллекта.

Первая обеспечивает людей информацией. Это поисковые системы, которые понимают письменную или устную речь и находят ответы на самые разнообразные вопросы.

Вторая технология связана с логистикой и планированием. Это разнообразные навигационные ресурсы: планирование путешествий, поездок по странам и городам и т.п.

На основе указанных технологий строятся системы управления разного назначения. В частности поисковые системы используются для манипулирования потребительской, политической и др. активностями масс людей. В промышленных системах поисковые системы используются для доступа к документам, инструкциям, записям и т.п.

Технологии логистики легли в основу систем управления перевозками такси. Это пример из области транспорта. Но сфера применения технологии планирования гораздо шире.

Третья технология – социальные сети. В ней искусственный интеллект выступает в роли организатора интеллектуальной деятельности множества людей. Такого рода деятельность характерна для работы в промышленности при решении сложных проблем управления и ее интенсификация является, безусловно, актуальной.

Четвертая технология, виртуальная реальность, находится на подъёме и уже занимает прочные позиции в сфере развлечений. Примером применения в технических системах являются тренажеры. Они используются в авиации, управлении судами, машинами и т.п. Для управления АЭС технологии виртуальной реальности могут также использоваться для тренировки персонала. Например, для создания условий, которые невозможно воспроизвести на функциональных и полномасштабных тренажерах: для тренировки работы на резервном пульте управления, управлении АЭС в условиях сейсмических колебаний, при пожарах и т.п. При этом виртуальные модели могут подключаться как к компьютерным моделям, так и к реальным данным от АСУ ТП.

Технологии виртуальной реальности также могут успешно применяться при проектировании/модернизации блочных пультов, их верификации и валидации. При этом могут применяться и технологии дополненной реальности, когда часть оборудования моделируется натурно, а часть при помощи компьютеров.

Технологии дополненной реальности одни из самых новых и перспективных. В АСУ ТП их можно применять для замены традиционных показывающих приборов и компьютерных пультов управления. В первом случае показания можно привязать к месту (метке, коду) на оборудовании или окружающих поверхностях, при сканировании которого цифровой камерой на экране появляются данные измерений. Местные компьютерные пульты управления можно имитировать при помощи переносных устройств, которые будучи помещены в определенное место, автоматически перепрограммируются и выполняют все функции замещаемого компьютера.

Дополненная реальность позволяет совмещать в пространстве видео изображения реальных устройств и информацию о них из АСУ ТП, что позволяет усилить информационную поддержку персоналу при работе с оборудованием АЭС и АСУ ТП на местах их расположения.

Распространение перечисленных технологий сделало их незаменимыми, превратило в часть культуры, цивилизации. Поэтому в системах управления, в тех местах, где используются люди, нужно ориентироваться именно на эти технологии при организации информационной поддержки.

Выводы

Изменения в вычислительной технике, появление новых устройств и технологий, программном обеспечении открывают новые возможности для создания новых систем верхнего уровня АСУ ТП АЭС, которые будут обладать высокой надежностью, удобством для людей и встроенным искусственным интеллектом.

Новые системы управления АЭС будут состоять из трех основных частей: традиционной автоматики, человека и искусственного интеллекта.

Литература

1. *Менгазетдинов Н.Э., Бывайков М.Е., Зуенков М.А и др*. Комплекс работ по созданию первой управляющей системы верхнего блочного уровня АСУТП для АЭС «Бушер» на основе отечественных информационных технологий. – М.: ИПУ РАН, 2013.
2. В.Г. Промыслов, К.В. Семенков, А.С. Шумов Синтез архитектуры кибербезопасности для систем управления атомных станций / Проблемы управления. 2019. № 3. С. 61–71 .
3. *Байбулатов А.А., Промыслов В.Г.* Аппроксимация огибающей в приложениях «Network calculus» // Проблемы управления. 2016. № 6. С. 59-64.
4. *Промыслов В.Г.* Assessment of the security architecture of control system using discretionary security models / Proceedings of the 10th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Piscataway, USA: IEEE, 2017. Vol. 1. С. 1-4;
5. *Байбулатов А.А., Промыслов В.Г.* Control System Availability Assessment Via Maximum Delay Calculation / Proceedings of the 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Sochi: IEEE, 2019. С. http://ieeexplore.ieee.org/document/8743012.
6. *Байбулато вА.А., Промыслов В.Г.* A Technique for Envelope Regression in Network Calculus / Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2017, Moscow). М.: IEEE, 2017. Vol. 1. С. 338-341.
7. *С. И. Масолкин, В. Г. Промыслов*, “Расчет некоторых параметров промышленной вычислительной сети объектов повышенного риска эксплуатации на примере АСУТП АЭС”, Пробл. управл., 2010, № 1, 47–52
8. *Elena Jharko*. Quality Evaluation and Risks Under the Development of the Safety Important Systems Software for Nuclear Power Plants / Proceedings of the 14th International Scientific-technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE-2018, Novosibirsk). Novosibirsk: IEEE Catalog Number CFP18471-PRT, 2018. Vol. 1, Part 4. Pp. 430-435, https://ieeexplore.ieee.org/document/8545957.
9. *Elena Jharko*. Verification and Software Quality Assurance for Nuclear Power Engineering / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE Catalog Number CFP18GAE-ART, 2018. С. 1-4, https://ieeexplore.ieee.org/document/8551840.
10. *Elena Jharko, Ekaterina Sakrutina.* Evaluation of Technical and Economic Indexes and Providing Normal Operation of Nuclear Power Plants / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE Catalog Number CFP18GAE-ART, 2018. Pp. 1-5, https://ieeexplore.ieee.org/document/8551827.
11. *Жарко Е.Ф.* Верификация и обеспечение качества программного обеспечения для атомной энергетики / Труды 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 2. С. 447-451.
12. *Жарко Е.Ф.* К вопросу проведения верификации программного обеспечения для атомной энергетики / Материалы 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т.2. С. 238-240.
13. *Жарко Е.Ф., Сакрутина Е.А.* Оценка технико-экономических показателей и обеспечение нормальной эксплуатации атомной электростанции / Труды 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 2. С. 451-457.
14. *Жарко Е.Ф., Сакрутина Е.А*. Прогноз технико-экономических показателей атомной электростанции / Материалы 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т.2. С. 240-242.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РОССИИ

Салыгин В.И., Гулиев И.А., Маркин А.С.

Международный институт энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России, Россия, г. Москва, Проспект Вернадского д.76

miep@mgimo.ru, guliyev@miep-mgimo.ru, anton.s.markin@yandex.ru

Аннотация: Настоящая статья посвящена комплексному исследованию существующих тенденций цифровой трансформации предприятий нефтегазовой отрасли в рамках опыта ведущих нефтегазовых компаний мира. Работа фокусируется на ключевых особенностях, вызовах и рисках цифровизации в условиях быстрой структурной модернизации промышленных объектов.

Ключевые слова: ТЭК, цифровизация, нефтегазовый сектор,

Введение

Цифровизация топливно-энергетического комплекса входит в перечень стратегических ориентиров основных направлений деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 года, выделена в качестве фактора институционального преобразования экономики в Прогнозе социально-экономического развития Российской Федерации на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов, включена в перечень приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации в соответствии с Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». Цифровизация ТЭК, а также инновационная научно-техническая политика в сфере энергетики являются главными стратегическими ориентирами долгосрочной государственной энергетической политики, утвержденными Распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

Топливно-энергетический комплекс – стратегически важная отрасль экономики Российской Федерации, обеспечивая 45 % дохода бюджета страны. Ключевой задачей ТЭК является обеспечение эффективности и бесперебойности процессов, происходящих в рамках добычи, переработки, транспортировки углеводородов и продуктов их переработки. Развитие цифровых технологий, включая обработку больших данных, применение элементов искусственного интеллекта, позволяет осуществить качественный скачок в развитии топливно-энергетического комплекса, значительно повышая эффективность, безопасность и бесперебойность его работы.

Несмотря на явный позитивный эффект от комплексной имплементации передовых цифровых решений в структуру технологических процессов любого промышленного предприятия, комплексная модернизация связана с рядом существенных рисков и вызовов. В рамках данной тематики также необходимо учитывать специфику нефтегазовой отрасли, которая связана с высокими требованиями к промышленной и экологической безопасности, что придает важность стратегическому планированию цифровизации объектов ТЭК.

1 Международный опыт

Повышение операционной эффективности

Тренд цифровизации в нефтегазовых компаниях не является новым. Практически все крупнейшие ВИНК мира активно занимаются инновациями и цифровыми технологиями, сотрудничают с ведущими университетами, осуществляют венчурное инвестирование в прорывные технологии. Например, крупнейшая международная публичная нефтегазовая компания - ExxonMobil, с выручкой 244 млрд. долл. в год инвестирует более 1 млрд. долл. в год на НИОКР, в том числе, в области энергоэффективных решений и материалов[10], а также в технологии по снижению выбросов[11].

В отчете инжиниринговой компании Accenture[12] фигурирует термин «цифровой трубопровод», что означает высокий уровень оснащения трубопроводной системы современными технологиями, а

[10] *Официальный сайт Exxon Mobil. R&D and Innovations. URL: https://corporate.exxonmobil.com/en/energy/research-and-development/innovating-energy-solutions/research-and-development-highlights*

[11] *Официальный сайт Exxon Mobil. R&D technology brochure. URL: https://cdn.exxonmobil.com/~/media/global/files/energy-and-environment/research_development_tech_brochure.pdf*

[12] *Отчет компании Accenture. Цифровая Энергетика. URL: https://www.accenture.com/t20150523T022424Z__w__/nl-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_1/Accenture-Digital-Innovation-Pipelines-Leveraging-Emerging-Technologies-Maximize-Value.pdfla=en*

также наличие информационной конвергенции, что, в свою очередь, позволяет проводить мониторинг всех показателей, оценку рисков, управление трубопроводной системой в реальном времени. В результате такая концепция приводит к максимизации эффективности работы системы и минимизации операционных затрат и рисков.

Одним из лидеров в сфере применения цифровых технологий в процессах добычи нефти является итальянская компания Eni. Компания имеет стратегическую цель максимизировать уровень добычи углеводородов из нефтяных месторождений до технических пределов, которые в настоящее время оцениваются в 60-70 процентов для нефти и более 80 процентов для газа путем решения ряда технологических задач.

Одним из решений такой задачи являются карты месторождения высокого разрешения. Непрерывный сбор данных с бурового оборудования, проб горных пород и жидкостей, взятых из пласта, и со стационарных датчиков, установленных в скважинах, позволяют получить более точную карту жидкостей по мере их движения во времени и пространстве. Eni практикует применение таких решений, как волоконно-оптические кабели, четырехмерный сейсмический мониторинг высокого разрешения, а также температурные, акустические и электромагнитные датчики, которые формируют поток данных в режиме реального времени для оптимизации производственных параметров и обеспечения более глубокой и подробной карты пласта.

В рамках анализа Big Data, компания Eni использует суперкомпьютеры для моделирования поведения жидкостей в месторождении. Инвестиции в разработку месторождений полезных ископаемых, зачастую измеряющиеся в миллиардах евро, основаны на ряде, казалось бы, простых вопросов. Сколько скважин нужно пробурить, где и каким образом, и какой уровень добычи будет на каждом месторождении. Ответы на эти вопросы являются далеко не простыми – и точность прогнозирования имеет решающее значение для обеспечения стабильности проекта. Компания. Eni использует и развивает технологии, основанные на суперкомпьютерах и применении сложных высокоточных моделей. Эти модели имитируют движение углеводородов в порах месторождения, а также рассчитывают предполагаемую добычу из месторождения благодаря применению методов и алгоритмов обработки больших данных на основе элементов искусственного интеллекта.

Компания ENI проводит исследования по использованию умных наночастиц или наноэмульсий для повышения нефтеотдачи, или, в случае с тяжелой нефтью – применение нагретого пара для стимулирования потока углеводородов. Компания разрабатывает различные пилотные исследовательские проекты и технологии, а также проводит полевые промышленные испытания на старых месторождениях в Северной Африке, используя методику закачки воды и газа, а также методику закачки слабосоленой воды.

Компания BP также инвестирует в цифровые решения по повышению эффективности нефтеотдачи. В рамках своей деятельности BP использует такие технологии, как ISS и Wolfspar в паре с компьютерным центром в Хьюстоне для визуализации сейсмических изображений месторождений с целью определить характеристику, запасы месторождения, а также для моделирования геофизических процессов месторождения с определением предполагаемого уровня добычи.

На данный момент BP разрабатывает единую платформу Connected Upstream для объединения всех месторождений в единую информационную сеть. Такая система позволит моментально обрабатывать все данные и показатели с месторождений для проведения оптимизации и повышения эффективности всех процессов. Также такая система позволит снизить время принятия решения и сможет повысить качество принимаемых решений. Похожего уровня технология уже используется на месторождении Хаззан в Омане.

Крупнейший игрок на рынке цифровых решений - Baker Hughes. С 2017 года Baker Huges носит другое наименование, поскольку 62% акций было выкуплено General Electric. На данный момент BHGE является третьей по величине нефтесервисной компанией.

В рамках цифровизации, компания BHGE предлагает ряд технологий по оптимизации и автоматизации промышленных процессов, одной из которых является IntelliStream13.

IntelliStream – программное обеспечение по оптимизации промышленных процессов, которое направлено на повышение эффективности разработки и освоения месторождений, а также на объединение в единую систему месторождение, промысловые объекты, персонал и иные активы

[13] *Официальный сайт Baker Hughes, a GE Company. URL:* *https://www.geoilandgas.com/intellistream?_ga=2.207663378.1811487503.1522751664-518376913.1522751664*

компании. Программное обеспечение позволяет обеспечить полную цифровизацию всей активности по разработке месторождений на континентальном шельфе.

Система объединяет насосное оборудование и иные системы и позволяет в реальном времени наблюдать за износом оборудования, уровнем добычи, сравнивать текущий и проектный уровень добычи. IntelliStream обрабатывает показатели, что дает оператору возможность быстро и эффективно принимать решение.

Baker Hughes заявляют, что при использовании такой системы произойдет повышение количества баррелей в сутки на месторождении на 5-8%, средняя добыча вырастет с 35%-43%, а также снижение операционных расходов на 7,5%.14

1.2 Снижение операционных затрат

В отчете Всемирного Экономического Форума за 2017 год «Цифровая трансформация в Нефтегазовом секторе»*15* отмечается, что цифровизация способна принести выгоду для нефтегазовых компаний в размере 1 триллиона долларов, при этом для трубопроводных компаний, такая дополнительная выгода может составить 100 миллиардов долларов. В качестве конкретного примера приводится трехмерная печать, которая способна снизить расходы на ремонт трубопроводов на 15%.

При изучении зарубежной практики необходимо также обратить внимание на крупнейшие нефтесервисные компании, реализующие отдельные цифровые решения в рамках технологических процессов добычи, транспортировки и переработки. Компания Honeywell специализируется на разработке систем автоматизации на различных промышленных объектах, в том числе в энергетике. Компания предлагает различные технологии в сфере управления промышленными процессами, обеспечения безопасности и т.д. Компания разработала собственный аппаратно-программный пакет Experion PKS*16*, который комплектуется модульным контроллером ControlEdge Unit Operations Controller. Honeywell отмечает, что данная технология соответствует самым высоким требованиям по автоматизации и безопасности.

Система, разработанная компанией Honeywell, позволяет решать следующие задачи:

1) Управление предприятием, интеграция всех систем на базе одной платформы;
2) Управление эксплуатацией, динамическое моделирование промышленных процессов;
3) Обработка данных, управление системами безопасности;
4) Управление промышленными процессами. Телекоммуникационными сетями;
5) Обработка сигналов тревоги

Программно-аппаратный пакет компании включает в себя программное обеспечение и модульные контроллеры, которые объединяют все системы в единую платформу, а также значительно ускоряет процесс мониторинга и диагностики, что приводит к более эффективному управлению активами, и, как следствие, к снижению капитальных затрат. Программно-аппаратный пакет также занимается хранением, обработкой и передачей данных о работе предприятия. Всю статистическую информацию о предприятии можно получить даже со смартфонов.

Компания Honeywell сотрудничает с такими крупными зарубежными игроками в нефтяной сфере, как Shell, Kinder Morgan, Total S.A., Gunvor, Phillips 66, Qatar Petroleum.

Enbridge, помимо сотрудничества с рядом крупных инновационных компаний, ведет инвестирование в собственный фонд инноваций и цифровых технологий. В 2014 и 2015 году компания инвестировала в инновационные и цифровые системы 12.2 млн. долл., а именно в системы мониторинга, обнаружения утечек, автоматизации процессов и т.п., а также отдельно[17]:

1) Оптоволоконную акустическую систему мониторинга – 4 млн. долл.;
2) Обнаружение и предотвращение утечек на нефтехранилищах – 2 млн. долл (автоматизация и использование беспроводных сенсоров);
3) Систему видеонаблюдения с оптическими сенсорами – 1.5 млн. долл.;

---

[14] *Официальный сайт Baker Hughes, a GE Company. URL* https://www.geoilandgas.com/sites/geog/files/intellistream_brochure_final.pdf

[15] *World Economic Forum 2017. Digital Transformation Initiative. Oil and Gas Industry. URL:* http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf

[16] *Официальный сайт Honeywell. Experion PKS. URL:* https://www.honeywellprocess.com/en-US/explore/products/control-monitoring-and-safety-systems/integrated-control-and-safety-systems/experion-pks/Pages/default.aspx

[17] *Enbridge investments in pipeline technologies. URL:* http://csr.enbridge.com/Report-Highlights/Material-Topics/RD-and-Innovation/2015-Performance.aspx/

4) Беспроводную систему автоматизации, удаленного мониторинга и коммуникации – 15 млн. долл (в 2014 году).

Что дало такое инвестирование компании в будущем? Обратим внимание на отчет 2016 года*18*:

1) Рост выплат по дивидендам на 10%;
2) Рост стоимости компании (135 млрд. долл. США в 2016, 131 млрд. долл. США в 2017);
3) Снижение количества сбоев и ЧС на 30%;
4) Компания достигла 99,9% показателя сохранной доставки;
5) На 200 тысяч сотрудников показатель травм составляет 0,55.
6) За 2016 год всего 23 барреля нефти было разлито на собственности компании.
7) Из 45 аварийных ситуаций, только 8 имели негативные последствия, в результате которых было разлито 279 баррелей.

Метод RCM (Reliability Centered Maintenance) *19* – техобслуживание для обеспечения максимальной надежности. RCM изначально применялся в авиационной промышленности, и сложность компании PetrobrasTransporteS.A. состояла в адаптации метода для нужд трубопроводной сферы. Основная цель проекта – обеспечение надежности информации о состоянии оборудования для осуществления техобслуживания, направленного на предотвращения ЧС.

Функционирование такой методики было построено на применении бразильского программного обеспечения - MCCNet® software (порт. Manutenção Centradaem Confiabilidade). Такая система проводила анализ всей системы трубопроводов, насосных станций и терминалов, изучала системные ошибки, сбои и иные показатели. Затем программа составляла диаграмму принятия решений, потенциальные риски, и на основе этих показателей – план технического обслуживания и экономически-эффективные решения.

Финансовые и технические результаты применения системы:

1.Снижение количества планов техобслуживания на 64%;

2.Снижение заказов на проведение техобслуживания на 23%;

3.Снижение затрат на техобслуживание на 10%.

2 Вызовы и риски цифровизации

Цифровизация любой отрасли промышленности, в том числе в ТЭК, предполагает использование комплексного анализа всей текущей технологической цепочки с целью определения необходимого алгоритма действий. Нынешняя «цифровая революция» или «цифровая трансформация» экономики сравнима с аналогичными промышленными революциями в истории. Таким образом, подход к технологическому совершенствованию любого объекта или технологической цепочки любой крупной компании подразумевает выполнение следующего алгоритма:

1. Оценка цифровой подготовленности объекта/компании;
2. Разработка стратегии/дорожной карты;
3. Выполнение пилотного проекта;
4. Масштабирование.

В рамках блока 1 «оценка цифровой подготовленности» необходимо проведение комплексного исследования нынешнего технологического уровня компании, комплексного анализа всех показателей деятельности, анализ собственных потребностей и рисков, оценка производственной инфраструктуры. Важно отметить, что такой процесс на уровне крупной компании предполагает тесное взаимодействие с научными институтами в рамках исследования прорывных технологий и опыта ведущих компаний мира.

После определения потребностей, разработки научной базы, комплексного изучения собственной инфраструктуры и процессов, необходимо сформировать план действий в виде дорожной карты или стратегии цифровой трансформации компании в целом. Такой документ формирует необходимый алгоритм действий, а также должен содержать направления научной и инвестиционной деятельности, и, что немаловажно, ключевые показатели эффективности. В рамках данного этапа сотрудничество с ведущими институтами также является жизненно важным, ведь составление алгоритма цифровой трансформации невозможно без комплексного изучения не только опыта аналогичных компаний, но и без исследований экспериментальных практик, разрабатываемых на уровне ведущих мировых академий наук и НИИ.

---

[18] *Enbridge 2016 factsheet. URL: https://www.enbridge.com/media-center/enbridge-quick-facts*

[19] *7th Pipeline technology conference 2012. Olympio de Castro Neto. RCM. Pump Stations. URL: https://www.pipeline-conference.com/abstracts/reliability-centered-maintenance-pump-stations*

Следующий этап предполагает разработку единичной технологии, или выполнение одного проекта, в рамках которого происходит тестирование существующих алгоритмов всей цепочки инновационной деятельности, начиная с формирования ТЗ на уровне руководства, заканчивая внедрением в эксплуатацию. На данном этапе происходит непрерывная работа по исправлению ошибок, устранению дефектов, совершенствованию практик, алгоритмов и моделей, в результате чего формируется качественная практика, масштабируемая на 4 этапе цифровой трансформации.

Вышеуказанный алгоритм действий чаще всего применяется в рамках цифровой трансформации предприятия или компании в целом. Тем не менее, аналогичный алгоритм может быть принят и в рамках формирования стратегии цифровой трансформации на уровне страны. Логика цифровой трансформации не строится исключительном на применении передовых технологических решений. Процесс цифровой трансформации, как уже было сказано выше, схож с промышленными революциями, которые в корне меняли технологический процесс и логику производства. Таким образом, нынешняя, четвертая промышленная революция, основывается не на технологии, а на новой логике промышленности, которая базируется на продвинутой аналитике, управлении инновациями, развитии научного потенциала и т.д.

Одним из ключевых направлений деятельности в рамках цифровой трансформации является управление инновациями и расширение научного потенциала. Современная практика зарубежных компаний основывается на продвинутом сотрудничестве с ведущими научными организациями. Например, Total активно сотрудничает с Институтом Энергоэффективности Париж-Сакле. Одним из интересных решений компании в сфере энергоэффективности является проект по установке солнечных батарей на крышах 5000 своих АЗС по всему миру в ближайшие годы, что должно привести к снижению выбросов CO2 на 100 тыс. т в год и сэкономить компании 40 млн. евро ежегодно20.

Развитие научного потенциала и управление инновациями – это существенные элементы новой бизнес-логики, которая лежит в основе концепции цифровизации. Таким образом суть цифровой трансформации заключается в повышении эффективности бизнес и промышленных процессов на основе продвинутой аналитики и применения передовых программно-аппаратных решений, выступающих в роли инструментов.

Несмотря на достаточно весомый положительный эффект, цифровая трансформация, также, как и инвестиции в сфере инноваций, имеют ряд рисков. Учитывая технологическую сторону, ключевой риск связан с обеспечением высокого уровня кибербезопасности систем. Для преодоления данного риска в рамках 1 этапа цифровой трансформации необходимо провести оценку уязвимостей и разработать алгоритм их устранения.

Второй существенный риск связан с восприятием цифровизации, как технологического апгрейда существующих активов. Как уже было отмечено выше, цифровая трансформация предполагает актуализацию и повышение эффективности бизнес-процессов в целом за счет передовых цифровых решений. Модернизация оборудования может создать позитивный экономический эффект, который, тем не менее будет ниже, чем последствия комплексной цифровой трансформации.

Следующий риск, связан с ошибками в самом алгоритме цифровой трансформации. Невозможно разработать универсальный механизм цифровой трансформации любого предприятия. Как отмечают специалисты21, любая компания вынуждена создавать уникальную программу реализации, учитывая поставленные задачи. Таким образом, первостепенный риск связан с правильной постановкой цели и сопутствующих задач, последующие вызовы связаны в свою очередь с грамотной оценкой потребностей, уязвимостей, рисков, а также аудитом собственных бизнес-процессов. Единого решения таких задач нет. Как показывает практика, некоторые компании проводят цифровизацию в партнерстве с организациями-лидерами отрасли, например, BP и General Electric. Другие самостоятельно вникают в проблематику, создавая собственные подразделения, делая упор на венчурное инвестирование и работу со стартапами, например, Equinor. В свою очередь, достаточно большое количество компаний развивают сотрудничество с ведущими университетами мира, например, Exxon Mobil и MIT (Massachusetts Institute of Technology).

---

[20] *Total устанавливает солнечные панели на АЗС. URL: https://electrek.co/2016/11/15/oil-company-solar-panels-gas-stations-convert-ev-charging-station/*

[21] *Цифровой вызов сверхновой индустриализации. URL: https://oilcapital.ru/article/general/08-02-2019/tsifrovoy-vyzov-sverhnovoy-industrializatsii*

Литература

1. 7th Pipeline technology conference 2012. Olympio de Castro Neto. RCM. Pump Stations. URL: https://www.pipeline-conference.com/abstracts/reliability-centered-maintenance-pump-stations
2. Отчет компании Accenture. Цифровая Энергетика. URL: https://www.accenture.com/t20150523T022424Z__w__/nl-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_1/Accenture-Digital-Innovation-Pipelines-Leveraging-Emerging-Technologies-Maximize-Value.pdfla=en
3. Официальный сайт Baker Hughes, a GE Company. URL: https://www.geoilandgas.com/intellistream?_ga=2.207663378.1811487503.1522751664-518376913.1522751664
4. Официальный сайт Exxon Mobil. R&D and Innovations. URL: https://corporate.exxonmobil.com/en/energy/research-and-development/innovating-energy-solutions/research-and-development-highlights
5. Официальный сайт Honeywell. Experion PKS. URL: https://www.honeywellprocess.com/en-US/explore/products/control-monitoring-and-safety-systems/integrated-control-and-safety-systems/experion-pks/Pages/default.aspx
6. Цифровой вызов сверхновой индустриализации. URL: https://oilcapital.ru/article/general/08-02-2019/tsifrovoy-vyzov-sverhnovoy-industrializatsii
7. Enbridge 2016 factsheet. URL: https://www.enbridge.com/media-center/enbridge-quick-facts
8. Enbridge investments in pipeline technologies. URL: http://csr.enbridge.com/Report-Highlights/Material-Topics/RD-and-Innovation/2015-Performance.aspx/
9. Total устанавливает солнечные панели на АЗС. URL: https://electrek.co/2016/11/15/oil-company-solar-panels-gas-stations-convert-ev-charging-station/
10. World Economic Forum 2017. Digital Transformation Initiative. Oil and Gas Industry. URL: http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РАБОТКЕ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ

Соркин Л.Р., Шишорин Ю.Р., Цодиков Ю.М.

АО «Хоневелл», г. Москва,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва,

ООО «Центр цифровых технологий», г. Москва

yuri.shishorin@honeywell.com, tsodikov@ipu.ru

Раздел 1. Разработка и рнеализация программ долгосрочного планирования развтития предприятий нефтепереработки и нефтехимии

Освещаются вопросы оптимизационного моделирования при решении задач автоматизации планирования верхнего уровня – перспективного планирования для нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. Рассмотрены модели долгосрочного планирования, показана возможность их разработки на основе моделей текущего планирования. Приводятся примеры практического использования оптимизационных моделей при разработке стратегий и программ развития производств.

Ключевые слова: перспективное планирование; взаимосвязь комплекса задач планирования и управления; автоматизация задач планирования НПЗ; долгосрочные программы развития; ЛП-моделирование; оптимизационное моделирование; технологические модели развития, оптимизационные нелинейные модели; оценка инвестиций, финансово-экономические модели, бенчмаркинговые исследования, информационные технологии.

Введение

Первый раздел доклада посвящен применению единого методологического подхода, моделей и методов перспективного планирования производственных систем химико-технологического типа, используемым на практике в АО «Хоневелл» и совместно развиваемым в ООО «Центре цифровых технологий» и ИПУ РАН. Основная проблема состоит в том, чтобы выбрать лучший вариант реконструкции и развития НПЗ, включая новые технологические процессы и перспективную схему завода, а также разработать план реализации выбранного варианта, учитывающий технологические и финансовые ограничения инвестиционного процесса. Эта сложная задача оптимизации актуальна в

современных условиях развития отрасли ввиду значительной стоимости и больших сроков реконструкции [1-13].

За последние 20 лет нефтегазовая отрасль России претерпела существенные изменения, по масштабам соизмеримые с преобразованиями, произошедшими в стране в целом. В современных условиях цифровизации промышленного производства и начала распространения промышленного интернета вещей (IIoT) значительно возросла значимость и роль комплексного подхода к решению задач автоматизации планирования и управления производством.

Важнейшим инструментом перспективного планирования модернизации нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий является программное и информационное обеспечение разработки долгосрочных планов развития (на 5-10 лет и более), построенное с учетом взаимосвязи задач разного уровня (рис.1) и автоматизации информационных процессов. Статья основана на опыте решения задач перспективного планирования развития и функционирования объектов нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплекса.

Основой построения инструментов комплексного перспективного планирования служат оптимизационные модели, учитывающие химико-технологическую специфику производства. Взаимосвязь технологической и финансово-экономической модели в процессе проведения исследований осуществляется через модуль коррекции технологических данных, при этом часть исходных технологических данных поступает из имитационных моделей отдельных технологических процессов. Информационные связи задач при перспективном планировании производства показаны на рис. 1 стрелками. Российское подразделение корпорации Honeywell компания АО «Хоневелл» при поддержке ООО «Центр цифровых технологий» использует такой подход при решении задач перспективного, краткосрочного и текущего планирования для предприятий нефтеперерабатывающего комплекса на базе современных информационных технологий.



Рис. 1. Информационные связи задач.

Модернизация НПЗ и НХП России и стран СНГ в начале нового века была направлена на одновременное достижение нескольких глобальных целей [1-5]. Во-первых, необходимо было выбрать оптимальный уровень производительности предприятий и максимально увеличить глубину переработки и производство светлых нефтепродуктов с учетом варьирования видов перерабатываемых нефтей. При этом нужно было привести качество нефтепродуктов в соответствие с европейскими стандартами EURO4 и EURO5, улучшив тем самым показатели эффективности и повысив конкурентоспособность НПЗ и НХК на международном рынке. Во-вторых, дальнейшее развитие нефтепереработки и нефтехимии видится в развитии нефтехимического производства на НПЗ. Наконец, важным этапом развития НПЗ было создание для выбранной перспективной конфигурации завода интегрированных автоматизированных систем среднесрочного и краткосрочного планирования (APS) и оперативного управления производством (MES) [6-7].

Методологический подход к разработке долгосрочных программ развития НПЗ, лежащих в основе решения задач перспективного планирования, подробно представлен в работе [8]. При этом наиболее интересным с научной и практической точки зрения, на наш взгляд, являются исследования возможных вариантов развития и бенчмаркинг-анализ выбранного оптимального варианта.

Спецификой проведения технологических исследований является необходимость корректного расчета действующего производства и учет эффектов, возникающих при его развитии и расширении, а также (в общем случае) многокритериальный выбор варианта развития. В последние годы ведущие

нефтяные компании России проявляют повышенный интерес к бенчмаркинговым исследованиям своих действующих нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, а также к оценке влияния на энергопотребление реализации долгосрочных программ развития и программ повышения эффективности производства [3, 9]. Данный вопрос более подробно рассмотрен в разделе 2 настоящего доклада.

Моделирование реконструкции и развития НПЗ состоит из двух частей: (1) моделирование вариантов технологической схемы предприятия для каждого этапа программы развития, включая новые или реконструируемые процессы; и (2) моделирование инвестиционного процесса с учетом всех затрат, движения денежных средств, получения кредитов, времени на реконструкцию и строительство. В статье рассматриваются оптимизационные модели схем предприятия. Реконструкция и строительство моделируются по этапам с учетом экономических возможностей компании, работы других производств завода, качества выпускаемой продукции, графика плановых капитальных ремонтов действующих установок.

Выбор оптимального варианта технологического развития НПЗ/НХК на 5-10 и более лет осуществляется с учетом многокритериального финансово-экономического анализа. Основой для комплексного исследования служат оптимизационные модели. Для программы развития модели разрабатывают с учетом прогноза налогов, экспортной пошлины, цен, валютного курса и других макроэкономических условий. Оптимизационные модели включают в себя данные существующей технологической схемы, качество нефти, качество товарной продукции, производительность установок, производительность объектов ОЗХ, энергетические затраты, возможности вспомогательного производства и т.п. Для новых процессов учитываются проектные данные. Модели разрабатывались с помощью системы RPMS [10-12] и ниже рассматриваются этапы разработки моделей.

1 Базовая модель завода.

Вариант развития завода для определения эффективности необходимо сравнить с базовой моделью, в которой не предусмотрено развитие. Такая базовая модель разрабатывается на основе текущего состояния производства. Обычно для этого берется существующая модель планирования, утвержденные нормы затрат и другие данные, полученные при обследовании завода. Разработка базовой модели является наиболее трудоемкой частью работы, а модель развития создается на основе базовой модели. [1, 2]

Модель завода включает в себя технологическую схему, подмодели существующих технологических процессов, качество сырья, требования к качеству товарных продуктов, цены на сырье, продукты, энергоносители и вспомогательные материалы. В базовой модели завода для целей реконструкции не учитываются производственные ограничения, которые важны только для текущей работы.

Базовая модель может рассчитываться для года или для каждого периода программы развития, так как по этим периодам может сравниваться эффективность программы развития по сравнению с базовой моделью. В расчетах базовой модели каждого периода будут отличия, вызванные прогнозируемыми изменениями ситуации. Например, для завода российской компании учитываются изменения следующих данных: цен, рыночных ниш по продуктам, увеличение плотности нефти, обязательства по производству продуктов.

Модель разрабатывается на основе технологической схемы завода; нормативов работы установок и достигнутых показателей; отчетов о фактической работе завода за предыдущий год; отчетов о качестве сырья установок и компонентов товарных продуктов.

Модель завода включает в себя подмодели установок, смешения нефтепродуктов, объектов общезаводского хозяйства (ОЗХ), а также данные о составе и свойствах нефти. Ниже рассматриваются особенности идентификации указанных трех типов подмоделей с учетом ограниченного объема данных по каждому объекту завода.

Для нефти и газового конденсата учитывается плотность, содержание серы и физико-химические свойства фракций. Для каждого вида сырья установок и нефтепродуктов – газов, бензинов, керосина, дизельных фракций, газойлей, гудрона и мазута – в модели учитываются соответствующие физико-химические свойства и показатели качества.

1.1 Моделирование состава нефти и установок первичной переработки (АВТ).

Моделирование состава нефти по фракциям и физико-химические свойства фракций нефти является наиболее сложной задачей при моделировании НПЗ [1, 2, 13]. Базовая модель может разрабатываться в условиях, когда (1) содержание фракций нефти определяется по текущим анализам

нефти в заводской лаборатории или (2) содержание фракций нефти определяется данными о месторождении. В первом случае по анализам определяется усредненная кривая истинных температур кипения (ИТК) нефти до 500 гр. С. По ИТК определяют потенциальное содержание светлых нефтепродуктов, которые выкипают до 350 гр. С. По отчетам о работе установки за месяц определяют фактический отбор светлых нефтепродуктов и при значительных отклонениях данные дополнительно проверяются.

При отсутствии на заводе данных физико-химических анализов свойств узких фракций нефти эти свойства при моделировании завода определяются по аналогам или свойства задаются для продуктов, которые получаются на АВТ. Поэтому важно при разработке базовой модели использовать библиотеку нефти различных месторождений, которая содержит свойства узких фракций.

1.2 Модели установок вторичной переработки.

Модели установок вторичной переработки (риформинга, гидроочистки, крекинга и др.) строят на основе плановых нормативов и фактических данных [1, 2]. По фактическим данным получают зависимости выхода продуктов от количества сырья вида:

(1) $y_i = a_i(q_l)x$,

где y_i - выход продукта i, x - общее количество сырья установки, $a_i(q_l)$ - коэффициенты выхода i–го продукта, определяемые по отчетным данным, q_l - значение такого l-го показателя качества сырья, от которого зависит выход продукта. Для продуктов установок учитывается зависимости показателей качества продуктов от качества сырья, например, зависимость плотности продукта от плотности сырья. Такие зависимости качества продукта от качества сырья приводят к общей нелинейной модели завода. В свою очередь, качество сырья установки может определяться составом смеси нескольких видов сырья.

При разработке нелинейных моделей установок принимаются во внимание следующие показатели качества сырья для ряда технологических процессов. Для гидроочисток дизельного топлива и вакуумного газойля необходимо учитывать количество серы в сырье. Модель строится с учетом материального баланса по количеству серы, что приводит к нелинейности за счет зависимости выхода продукта от содержания серы в сырье. Для модели риформинга может учитываться содержание нафтенов и ароматических углеводородов в сырье. В этом случае модель риформинга будет нелинейной для того, чтобы адекватно описать фактические отборы целевого продукта. Подмодель каталитического крекинга строится с учетом различных выходов продуктов для различного сырья. Кроме того, учитывается необходимость выполнения материального баланса по содержанию серы в сырье и продуктах. Для выполнения материального баланса в модель вводятся соответствующие зависимости для содержания серы в каждом продукте крекинга, что также приводит к нелинейным моделям.

Технологические установки с целью упрощения могут моделироваться линейными зависимостями выхода i–х целевых продуктов y_i из j-го вида сырья в количестве x_j с различными коэффициентами выхода a_{ij} для j-го вида сырья установки:

(2) $y_i = \sum_j a_{ij} x_j$.

Однако при этом в модели (2) остаются параметры a_{ij}, описываемые в общем случае нелинейными зависимостями показателей качества продуктов установки от качества сырья, что снова приводит к общей нелинейной модели завода [11, 12]. Каждая установка описывается отдельной Excel таблицей.

Котельные завода, системы оборотного водоснабжения, подача технологического топлива, компрессорные и другие объекты ОЗХ моделируются аналогично технологическим установкам, но такие модели проще.

1.3 Модели смешения нефтепродуктов

Для каждого потока компонентов смешения нефтепродуктов: газов, бензинов, керосина, дизельных фракций, газойлей, мазута в модели учитываются соответствующие показатели качества. Базовая модель включает подмодели смешения товарных нефтепродуктов и смешения сырья установок завода [1, 2, 12]. Реальные схемы перекачек сырья установок и компонентов товарных

нефтепродуктов достаточно сложные. В базовой модели нет смысла учитывать всю сложность маршрутов перекачек, которые возможно учитываются в текущей модели оперативного планирования производства. За счет этого модели смешения товарных нефтепродуктов можно упростить, считая, что каждый компонент с установки может подаваться в товарный нефтепродукт. В базовой модели можно также объединить товарные нефтепродукты, которые незначительно отличаются по качеству, например, бензины для нефтехимических производств, которые отличаются техническими условиями (ТУ) для разных потребителей.

Некоторые показатели смесей, в том числе вязкость мазута, рассчитываются по индексам. Идентификация модели вязкости по индексам имеет определенные особенности, которые показаны ниже на примере расчета вязкости мазута [13]. Индекс вязкости этого компонента определяется по нелинейной логарифмической формуле:

(3) $I_i = a_0 - a_1 \log(\log(k_i \upsilon_i + 0{,}8))$,

где υ_i - кинематическая вязкость *i*-го компонента в сСт, I_i - индекс вязкости *i*-го компонента, a_0, a_1 - эмпирические коэффициенты, *log* – знак десятичного логарифма, k_i - параметр зависимости (3), который вводится для некоторых из *i*-х компонент (например, гудрона), а для других *i*-х компонент $k_i = 1$. На основе индексов компонентов типа (3) линейно рассчитывается индекс вязкости I_b *b*–й смеси.

Идентификация параметров модели k_i основана на лабораторных экспериментах, проверка достоверности модели основана на данных смешения в производстве [11]. Идентификация модели вязкости по индексам имеет особенности, которые состоят в том, что результат расчета – вязкость смеси υ_b не зависит от величин коэффициентов a_0, a_1 в формуле (3). Поэтому для адаптации модели для некоторых компонент введены дополнительные параметры k_i.

При идентификации моделей смешения по индексам для расчета других показателей качества нефтепродуктов возникают аналогичные проблемы.

2 Проверка базовой модели в условиях неполной информации.

Базовая модель описывает текущее состояние завода в сложившихся условиях: по количеству и качеству получаемых нефтепродуктов, по качеству и объему перерабатываемого сырья. Эти результаты расчета по базовой модели сравниваются с фактическими результатами работы завода за год и, таким образом, определяется достоверность модели.

Кроме того, при необходимости базовая модель позволяет также рассчитать технологические возможности завода в будущих периодах по переработке сырья и производству продукции при изменении качества сырья, объема переработки на имеющемся оборудовании, изменении нормативов по качеству продукции и потребности рынка сбыта. По результатам такого расчета достоверность базовой модели проверяется экспертно по количеству товарных нефтепродуктов.

Обычно для идентификации параметров подмоделей берутся отчетные данные за один год, в том числе данные об исследовании поступающей нефти и качестве нефтепродуктов. Эти данные достаточны для оценки параметров подмоделей установок, смесей и моделирования качества нефти. При таком способе идентификации параметров базовой модели сравнение расчетного баланса завода по модели с фактическим балансом за год является дополнительной проверкой достоверности модели.

Однако на ряде заводов средней производительности и мини-заводах исследование нефти регулярно не производится ввиду того, что поступает разное нефтяное сырье от разных поставщиков, постоянное исследование всего нефтяного сырья дорого и требует больших трудозатрат в лаборатории. В этих случаях нефть анализируют примерно один раз в год, а также при начале добычи на месторождении или и в начале поставки на завод. Такие данные являются недостаточно представительными, поскольку не содержат информации об отклонениях качества сырья от среднего.

В таких случаях необходимо проверить достоверность базовой модели по имеющимся неполным данным, при этом сравнение расчетного баланса завода по модели с фактическим балансом за год будет основным способом проверки достоверности модели. Результаты такого расчета на базовой модели по производству всех видов товарных нефтепродуктов и по загрузке установок сравниваются с фактическими результатами работы завода за год. Таким образом определяется достоверность модели по количеству всех произведенных товарных нефтепродуктов и загрузке установок.

Расчет качества сырья вторичных процессов и товарных продуктов является дополнительной проверкой достоверности модели. Для этого расчетные данные сравниваются с фактическими данными анализа качества и при необходимости корректируются зависимости качества продуктов установок от качества сырья.

3 Модели вариантов развития НПЗ

Для реконструкции НПЗ предлагаются варианты, для расчёта которых разрабатывается модель завода, включающая один или несколько вариантов развития. Модель варианта развития разрабатывается на основе базовой модели и технических предложений по новым и реконструируемым процессам. При создании модели варианта реконструкции завода в базовую модель добавляются подмодели новых и реконструируемых установок. В модель также включаются изменения рыночной ситуации, требований к качеству и другие ограничения [1, 2].

В результате расчета каждого варианта должно быть определено, как реализованы поставленные задачи, и какова маржинальная прибыль при данном варианте реконструкции. Поставленные задачи включают в себя повышение качества продукции, выполнение современных экологических требований к топливам, ликвидацию устаревших производств, выпуск новых продуктов, производство продуктов в соответствии с возможностями сбыта с учетом экспорта, автоматизацию производства и др. Экономическую эффективность варианта развития и реконструкции завода определяют путем сравнения маржинальной прибыли варианта с прибылью базового варианта. Значения маржинальных прибылей в дальнейшем используются для определения интегральных показателей эффективности варианта таких, как чистый дисконтированный доход (NPV), внутренняя норма прибыли (IRR) и срок окупаемости.

Расчет модели варианта развития, как и расчет базовой модели, выполняется методами моделирования и оптимизации в системе RPMS [10-11] или в другой системе моделирования. В результате моделирования определяются параметры линеаризованной модели, а затем решается задача линейного программирования (ЛП). После получения решения проверяется точность моделирования. Этот процесс рекурсивно повторяется до получения заданной точности моделирования и линеаризации. Сложность модели на один период в основном определяется количеством переменных, ограничений и количеством нелинейных зависимостей, которые линеаризуются в процессе решения. Система включает средства контроля рекурсий и корректировки параметров процесса вычислений так, чтобы обеспечить сходимость модели, а также анализировать результаты при неудовлетворительной скорости сходимости.

В моделях на один период различных НПЗ задача ЛП имеет размерность в пределах от нескольких сот до 10000 переменных. Сходимость процесса рекурсий зависит от сложности и корректности модели. Обычно для модели завода достаточно 5-20 рекурсий для сходимости с требуемой точностью.

При выборе варианта реконструкции и развития длительность строительства новых установок, как правило, не учитывается. Для реализации выбранного варианта развития НПЗ необходимо длительное время на проектирование, строительство, поставку оборудования, поэтому программу развития моделируют как многопериодную с учетом времени, необходимого на реализацию каждого этапа реконструкции.

4 Многопериодные модели программы развития НПЗ

Программа для выбранного варианта развития НПЗ учитывает, что во время реконструкции завод продолжает работу и производимые продукты соответствуют стандартам, выполняются капитальные ремонты действующих установок, проводится реконструкция установок, строительство новых установок и вывод из эксплуатации устаревших. Программа развития завода разрабатывается как многоэтапная, каждый этап реконструкции выбирается в соответствии с технологическими и экономическими возможностями компании. Для разработки программы развития и экономического обоснования проводят расчет технологической модели НПЗ по периодам строительства и реконструкции установок в течение общего срока реализации программы развития. В течение реконструкции одних установок действующие установки завода работают в условиях измененной конфигурации технологической схемы. Работа в условиях измененной конфигурации рассчитывается по оптимизационной модели завода на каждый период, например, год или квартал [1, 2].

Программа развития завода объединяет реконструкцию отдельных установок (этапы или варианты развития) в общую модель, так как реконструкция этих установок выполняется последовательно во времени. При этом моделируется каждый этап развития. Экономическая эффективность определяется для программы развития в целом, а не для каждого этапа реконструкции. На эффективность

программы существенно влияет технологическая взаимосвязь этапов реконструкции, а также их последовательность по времени.

Разработка программы развития выполнялась для завода, список новых установок которого показан в следующей таблице 1 в качестве примера. Каждая конфигурация схемы в таблице 1 соответствует вводу новой установки или комплекса установок. Длительности этапов реконструкции и строительства установок не совпадают с сезонами зима - лето, с началом и окончанием года, и это увеличивает количество периодов планирования по сравнению с числом конфигураций.

Таблица №1. Порядок ввода новых установок завода.

Новые установки	Конфигурация
МТБЭ	Конфигурация №1
Риформинг, производство водорода	Конфигурация №2
АВТ	Конфигурация №3
Комплекс гидрокрекинга	Конфигурация №4
Депарафинизация дизтоплива	Конфигурация №5

Сложность оптимизационной модели одного периода характеризуется данными, приведенными ниже в таблице 2. Нелинейные зависимости моделей линеаризуются, далее линеаризованная таким образом задача решается с помощью ЛП-модели, и затем она проверяется на точность линеаризации. В таблице приведена размерность задачи ЛП для одного периода. Нелинейные зависимости модели связаны в основном с влиянием качества сырья установок на выход и качество продуктов, а также со смесями, для которых рассчитываются показатели качества.

Таблица №2. Сложность оптимизационной модели.

Переменных задачи ЛП	2843
Ограничений задачи ЛП	4323
Ненулевых элементов матрицы ограничений	26273
Смесей с расчетом показателей качества	94
Зависимостей качества продуктов от сырья установок	59

Экономическая эффективность работы НПЗ после завершения программы развития и реконструкции обычно определяется путем упрощенного учета затрат времени на ремонт установок. В этом случае учитывают среднее время ремонта в течение года, равное для всех установок, и средний интервал между ремонтами для всех установок. Например, учитывают 350 дней работы всего завода, предполагая для всех установок в среднем 15 дней простоя на ремонт.

Более точный расчет эффективности можно сделать с учетом капитального ремонта для группы установок (ремонтной цепочки), нормативной длительности ремонта каждой установки, сроков межремонтного пробега установок и сезона года, когда проводится ремонт. Например, если есть 3 ремонтные цепочки и межремонтный пробег 4 года, то нужно рассчитать с учетом зимнего и летнего сезонов 8 периодов работы. Каждая ремонтная цепочка останавливается на ремонт один раз в 4 года, и с учетом этого в течение одного года нет капремонтов.

На основе таких расчетов по периодам средняя экономическая эффективность за год после завершения программы развития определяется более достоверно. Расчет по периодам будет существенно отличаться от расчета на год одним периодом 350 дней без учета ремонтов и без деления на сезоны зима–лето. Расчет по такой методике был выполнен для крупного НПЗ Росийской компании. Кроме того, потребовался расчет работы завода в течение ремонта (30 дней) для каждой цепочки с целью выявления узких мест для проектируемой технологической схемы. В настоящее время эта программы развития принята и успешно реализуется.

5. Модель развития нефтехимии при реализации программы развития нефтепереработки

Эффективность программы развития нефтехимического производства НПЗ определяется при условии ввода в эксплуатацию объектов по производству топлив. Таким образом, модель каждого этапа развития производства топлив является базовой моделью для соответствующего этапа развития нефтехимического производства [1, 2].

Нефтехимическое производство связано с производством топлив по сырью, по компонентам смешения бензина, по переработке побочных продуктов, по технологическому топливу и производству пара. Это является второй причиной, по которой необходимо рассматривать взаимосвязанную модель развития производства топлив и нефтехимии.

Разрабатывать одновременно программу развития производства топлив и нефтехимии на практике не получается, поскольку для исследования эффективности различных вариантов развития нефтехимии необходима информация о рынке сбыта, в том числе предварительные соглашения с потенциальными промышленными потребителями в смежных областях. Подготовка такой информации требует значительного времени. По этим причинам разработка программы для нефтехимии производится в условиях, когда программа развития производства топлив уже утверждена и реализуется. Поэтому этапы программы развития производства топлив являются базовыми для разработки программы развития производства нефтехимии.

Заключение

На основе опыта разработки и применения оптимизационных моделей развития заводов и реализации таких проектов можно сделать следующие выводы:

- Декомпозиция на финансово-экономическую модель и технологическую модель в задаче перспективного планирования модернизации обеспечивает удобство расчета, анализа результата и получение приемлемых для заказчика решений. В этом случае используются расчетные итеративные схемы взаимосвязи финансово-экономической модели и технологической модели (рис. 1).
- Расчет поэтапного развития с учетом длительности этапов инвестиционной фазы обеспечивает более точное определение показателей эффективности инвестиций и обоснованный выбор варианта развития.
- Учет факторов сезонности и длительности остановок на ремонт после завершения реконструкции позволяет более обосновано определить вариант развития, включая необходимую мощность установок, и сформировать оптимальный состав ремонтных цепочек. Эти факторы приводят к необходимости временно*й* декомпозиции. Для сформированных ремонтных цепочек необходима их проверка с точки зрения технологической реализуемости и эффективности.

Литература к разделу 1

1. Шишорин Ю.Р., Цодиков Ю.М., Мостовой Н.В., Аксенова Т.С. Оптимизационное моделирование при перспективном планировании предприятий нефтепереработки и нефтехимии – М.: Автоматизация в промышленности, 2018 №12 – С.42-48.

2. Соркин Л.Р., Шишорин Ю.Р., Цодиков Ю.М., Мостовой Н.В., Разработка и моделирование программ долгосрочного развития предприятий нефтепереработки и нефтехимии. Труды 10-й межд. Конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2017). Т.1 - М.: ИПУ РАН, 2017, С. 123-131.

3. Еллерингтон Т., Пауэр П., Шишорин Ю.Р., Аксенова Т.С. Повышение операционной эффективности и бенчмаркинг российских предприятий топливно-энергетического сектора (на примере НПЗ) – М.: Автоматизация в промышленности, 2018 №12 – С.34-41.

4. Карибский А.В., Соркин Л.Р., Хохлов А.С., Шишорин Ю.Р. и др. Методология и практика разработки бизнес-планов реконструкции предприятий химико-технологического типа. М. ИПУ РАН. 1998. 103 с.

5. Соркин Л.Р., Шишорин Ю.Р., Карибский А.В. Методология разработки крупномасштабных региональных проектов развития предприятий нефтепереработки / Тр. межд. конф. УКРС-2008. М., ИПУ РАН. 2008. С. 41-54.,

6. Хохлов А.С., Коннов А.И., Шайдуллин Р.А. Комплексный подход к планированию непрерывного производства. – М.: Автоматизация в промышленности, 2015 №4 – С.36-40.

7. Артемьев С.Б., Бородин П.Е., Владов Р.А. Программный подход к разработке и внедрению АСУ производством. – М.: Автоматизация в промышленности, 2015 №4 – С.30-35.

8. Шишорин Ю.Р., Цодиков Ю.М., Мостовой Н.В., Кузнецов К.В., Магу Д.В. Комплексный подход компании Honeywell к разработке долгосрочных программ развития перерабатывающих предприятий вертикально-интегрированных компаний. – М.: Автоматизация в промышленности, 2015 №4 – С.53-60.

9. Рассел Ф. Браун, Шишорин Ю.Р., Ивашкина О.О., Капустин А.В. Бенчмаркинг российских НПЗ: 15 лет в России. – М.: Автоматизация в промышленности, 2015 №4 – С.42-46.

10. Цодиков Ю.М., Хохлов А.С., Шишорин Ю.Р., Мостовой Н.В. Анализ достоверности базовой модели развития нефтеперерабатывающего завода по неполным данным // Труды 7-й межд. Конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2013). Т.1 - М.: Институт проблем управления, 2013, С. 127-128.

11. Дудников Е.Е., Цодиков Ю.М. Типовые задачи оперативного управления непрерывным производством. М.: Энергия, 1979. – 272 С.

12. Соркин Л.Р. Современные технологии управления в нефтегазовом комплексе. - М.: МФТИ, 2003. – 104С.

13. Цодиков Ю.М., Мостовой Н.И., Едигарова В.С. Расчет вязкости топочного мазута в моделях оптимального планирования. – М.: Химия и технология топлив и масел, 2009 №2 – С.44-46.

Раздел. 2 Повышение операционной эффективности и бенчмаркинг российских предприятий топливно-энергетического сектора (на примере НПЗ)

В данном разделе рассматриваются бенчмаркинговые22 исследования российских предприятий топливно-энергетического сектора (на примере НПЗ), как первый шаг на пути к совершенному производству, проводимые компанией Solomon Associates с использованием его запатентованной методологии Comparative Performance AnalysisTM - CPATM (Исследование Solomon) в течение свыше 20 лет при активной поддержке АО «Хоневелл» и его партнера ООО «Центр цифровых технологий». Методология CPATM включает запатентованные методы сравнительного анализа производства и количественной оценки разрывов в стоимостном выражении. Кратко описываются ключевые показатели конкурентоспособности и эффективности Solomon, приводится сравнение российских предприятий с европейскими НПЗ и мировыми НПЗ-лидерами по основным показателям: энергоемкости (Energy Intensity IndexT,M или EII®), эксплуатационной готовности (ОА – Operational Availability), индекса эффективности ремонтных затрат (MEITM – Maintenance Efficiency Costs IndexTM). Анализируются динамика развития и ценность Исследований для российских НПЗ, показывается роль и место АО «Хоневелл» и ООО «Центр цифровых технологий» в проведении бенчмаркинговых исследований для российских клиентов. Демонстрируется, что российские заводы значительно повысили операционную эффективность и конкурентоспособность своих топливных производств и имеют большие возможности для дальнейшего совершенствования своих производств. Приводятся направления дальнейшего развития и совершенствования бенчмаркинговых исследований для российских НПЗ (автоматизация проведения Исследования с использованием системы Profile II®, частные и углубленные исследования по системам автоматизации, включая системы усовершенствованного управления (APC), по надежности и ремонтам (НиР), на уровне отдельных технологических установок и т.д.).

Ключевые слова: Comparative Performance Analysis™ (CPA^{T,M}), Исследование Solomon, показатели конкурентоспособности и эффективности, Energy Intensity Index™ (EII®), эксплуатационная готовность (ОА), Maintenance Efficiency Index (MEI™), топливное производство, консалтинг, PEP ™, Profile II®, надежность и ремонты (НиР), поддержка проведения бенчмаркингового исследования.

Введение

Вот уже свыше двух десятилетий предприятия российского топливно-энергетического и нефтехимического комплексов (нефтеперерабатывающая, газоперерабатывающая и нефтехимическая отрасли) при поддержке АО «Хоневелл» используют эталонные показатели Solomon для улучшения своей работы. С ростом количества участников появилась возможность состоятельно оценить улучшения в их работе, сделать эти улучшения существенными и устойчивыми [1-3].

Solomonн проводит бенчмаркинговый анализ показателей всей производственно-сбытовой цепочки в нефтегазовой отрасли: от разведки и добычи сырья, до логистики, переработки и сбыта сырья и продуктов. За более чем 35 лет проведения исследований Solomon накопил и располагает данными о тенденциях изменений, так как более 95% компаний **регулярно** участвуют в исследованиях. Бенчмаркинговое исследование топлив проводится на двухгодичной основе, и очередное Исследование пройдет за 2018 операционный год. В России Solomon вместе со своими партнерами Honeywell и ООО «Центр цифровых технологий» очень активно работает в секторах логистики, переработки и сбыта, а также ведет переговоры с рядом компаний в области разведки и добычи по участию их в соответствующих бенчмаркинговых исследованиях.

При этом бенчмаркинг является ключевой частью общего процесса Совершенствования производственных показателей на постоянной основе (Performance Excellence process; или PEP-процесс, см. рис. 1). Через бенчмаркинг завод сможет понять свое действительное положение по широкому спектру показателей по отношению к другим предприятиям в своем регионе, и наряду с инновационными и инвестиционными программами развития разрабатывать программы совершенствования операционной деятельности. По данному направлению Solomon имеет более, чем 20-

летний опыт работы и накопил библиотеку лучших практик, содержащих свыше 4000 позиций. В этом направлении АО «Хоневелл» с ООО «Центр цифровых технологий» также активно поддерживали Solomon.

---

[22] *Бенчмаркинг (benchmarking) – конкурентный анализ эффективности работы путем сравнения с лидерами отрасли. Компания Solomon имеет свою запатентованную методологию проведения бенчмаркинга для нефтепереработки: CPA™ Fuels and Lube Studies [1] (аббревиатура от Comparative Performance Analysis™ - Сравнительный анализ эффективности нефтеперерабатывающих производств топлив и базовых масел).*



Рис. 1. Путь к производственному совершенству [1-3]

По сути, бенчмаркинговые исследования Solomon стали мировым стандартом (охватывают 85% мировых нефтеперерабатывающих и 75% производственных мощностей олефинов, десятки ГПЗ, свыше 50% мощностей производства базовых масел и т.д.), опираясь на крупнейшие в мире базы данных по показателям операционной деятельности в добыче, транспортировке, сбыте и переработке; возможность сравнения «яблок-с-яблоками», позволяющую верно определить области для операционных улучшений; данные, являющиеся интеллектуальной собственностью Solomon и его клиентов, а не извлеченные из противоречивых и общедоступных и источников [1-3].

Принимая во внимание сложность и разнообразие заводов, высокие капитальные затраты и значительные операционные издержки, нефтеперерабатывающие компании извлекают существенную пользу от использования передовой запатентованной методологии бенчмаркинга Solomon [4]. Сегодня клиентам требуются автоматизированные системы сбора данных для более оперативного получения результатов с меньшими затратами. Для вертикально-интегрированных компаний еще более важно иметь возможность сравнить в едином базисе не только заводы какого-то типа, но и все активы,. Иными словами, речь идет о том, возможно ли в рамках единой компании сравнить ремонтные затраты на месторождениях, газо- и нефтеперерабатывающих заводах, трубопроводах, нефтехимических производствах и энергоблоках для выявления активов, которые эксплуатируются наиболее эффективно и на основе этого выявить производственные участки с наибольшим потенциалом для улучшений. Это новая область нашей деятельности, и Solomon уже разработал для некоторых клиентов автоматизированный сбор данных и показатели для вертикально-интегрированных компаний [5].

Ключевые показатели Solomon

Кратко рассмотрим ключевые показатели Solomon. Более подробно эти показатели рассмотрены в работах [1-5]. Solomon оценивает производство с двух точек зрения:

Конкурентоспособность НПЗ. Это показатели работы НПЗ по сравнению с другими заводами на одном и том же рынке. Например, моторные топлива являются рыночным продуктом, и при заправке автомобиля дизельным топливом совершенно неважно знать, кто произвел топливо, а при его покупке важно знать только, сколько оно будет стоить, т.е., прибыльность во многом определяется рыночными ценами. Такой аспект деятельности описывается финансовыми показателями.

Эффективность работы производственного актива. Независимо от его местоположения (Россия или Техас, США) важно знать, как актив эксплуатируется на имеющемся оборудовании и как много он может дать валового дохода и, следовательно, прибыли. Группы затратных и технологических показателей охватывают широкий спектр показателей, которые Solomon использует при бенчмаркинговом анализе.

Опыт российских участников показывает, что наибольший интерес высшего руководства касается индексов EII (Energy Intensity Index – индекс энергоемкости), PEI (Personnel Efficiency Index – индекс эффективности персонала), MEITM (Maintenance Cost Efficiency IndexTM – индекс эффективности ремонтных затрат) и OA (Operational AvailabilityTM – эксплуатационная готовность). Аналогами показателей эффективности PEI и MEI в категории показателей конкурентоспособности являются индекс персонала (PI – Personnel Index) и ремонтный индекс (MI – Maintenance Index) соответственно.

Развитие и польза от бенчмаркинговых исследований в России

Первые Исследования в России на регулярной основе начались с 2000 г. и к 2016 г. в них участвовали уже 19 нефтезаводов, представляющих более 80% суммарной мощности российских НПЗ. При этом в мировом масштабе в Исследовании были представлены примерно 85% нефтеперерабатывающих мощностей. Кроме того, к 2016 г. бенчмаркинговыми исследованиями, поддерживаемыми АО «Хоневелл» и ЦЦТ, было охвачено 7 российских производств базовых масел, 12 газоперерабатывающих заводов и три ведущих нефтехимических производства. При этом АО «Хоневелл» и ЦЦТ яв-

ляются официальными авторизованными партнерами Solomon Associates на территории России и стран СНГ в части поддержки бенчмаркинговых исследований по нефтепереработке, нефтехимии и газопереработке, и их вклад в развитие этих исследований в России стал критически важным [1].

Среди тех показателей, которые чаще всего контролируются, используются и отражаются в отчетах, можно отметить три показателя – индекс энергоемкости (EII® – Energy Intensity IndexTM), индекс эффективности ремонтных затрат (MEITM – Maintenance Efficiency Costs IndexTM) и показатель эксплуатационной готовности (OA – Operational AvailabilityTM) [5]. EII отражает, насколько эффективно нефтеперерабатывающий завод использует энергоресурсы, а MEI является мерой эффективности проведения ремонтов с точки зрения стоимостных затрат на их осуществление. В обоих случаях, чем меньше значение показателя, тем лучше. Более подробно показатели рассматриваются в работе [1]. При этом затраты на энергоресурсы часто составляют более 50% от суммарных операционных затрат НПЗ (OpEX). Эксплуатационная готовность (OA) отражает надежность работы завода и описана более подробно в следующих разделах настоящей статьи.

НПЗ из репрезентативной группы последних пяти Исследований топливных производств существенно снизили как потребление энергоресурсов, так и затраты на труд, а также значительно повысили свою эксплуатационную готовность, превысив и оставаясь стабильно выше средних значений по Исследованиям[23]. В группе из шести заводов, которые участвовали во всех Исследованиях, начиная с 2004 г., энергопотребление снизилось приблизительно на 30%, а индекс эффективности персонала улучшился примерно на 33% [1]. Далее рассмотрим, как российские НПЗ выглядят на фоне НПЗ остального мира и на фоне мировых НПЗ-лидеров.

Повышение операционной эффективности российских НПЗ

Solomon, начиная с 2014 г. стал определять мировых НПЗ-лидеров, используя определенный набор критериальных показателей. НПЗ-мировые лидеры характеризуются масштабностью – стремлениями быть бóльшими по мощности и более сложными технологически; современными и своевременными технологиями – на своем рынке уже инвестировали средства в нужные технологии в нужное время; культурой производства – постоянным совершенствованием, являющимся драйвером достижения высоких производственных показателей; надежностью – высокой эксплуатационной готовностью, высокой валовой маржой и, как следствие, сокращением затрат на ремонты; эффективностью – инвестированием в энергосбережение и другие управляемые сферы производства. Мировые НПЗ-лидеры могут быть в 1-м квартиле по неэнергетическим денежным затратам, но быть во 2-м квартиле по другим показателям эффективности. При этом необходимо отметить, что простое сокращение эксплуатационных затрат не является правильным решением. 1-й квартиль по неэнергетическим денежным операционным затратам является результатом правильно сделанных инвестиций в достижение высокой надежности, разработку и внедрение инноваций, и культуру непрерывных улучшений. Опыт показывает, что лидеры допускают, чтобы затраты на ремонты и персонал находились во 2-м общемировом квартиле, но результаты мирового анализа показывают, что все мировые НПЗ-лидеры обладают относительно низкой численностью персонала по сравнению с другими НПЗ в своем регионе. Отметим также, что высокая эксплуатационная готовность (OA) является ключевым фактором, помогающим достичь хорошего уровня использования технологических мощностей, энергоэффективности и рентабельности инвестиций, а также высоких показателей конкурентоспособности, включая чистую денежную маржу. В целом мировой НПЗ-лидер сфокусирован на непрерывных улучшениях с помощью внедрения Процесса совершенствования своих производственных показателей, показанного выше на рис. 1.

На рис. 2 можно увидеть, что среднее значение OA по российским НПЗ в бенчмаркинговом Исследовании за 2016 год значительно ниже OA не только, чем у мировых НПЗ-лидеров, но и у остальных НПЗ мира. На остановах на капремонты сфокусированы все мировые НПЗ-лидеры. Только у двух из 11 мировых лидеров доля остановов на капремонты превышает 2% годового времени. Среднее значение по России – более, чем вдвое выше (4,5%).

Для сравнения работы НПЗ выбраны показатели EII, PEI и OA. Эксплуатационная готовность (OA) является наилучшим показателем надежности в Исследовании топливных производств. Все представленные здесь показатели (EII, PEI и OA) были реиндексированы, то есть показаны как относительные, а не абсолютные значения показателя.

[23] *Репрезентативная группа включает НПЗ, которые участвуют в Исследованиях постоянно.*

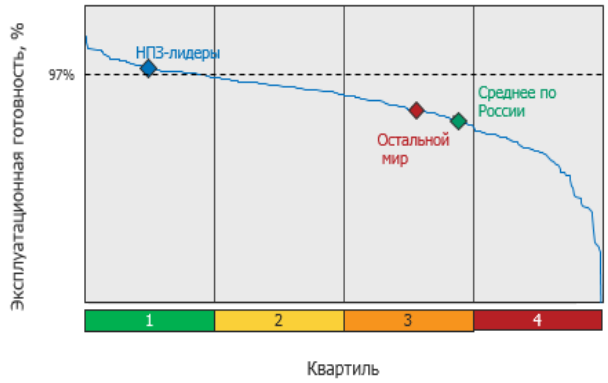


Рис. 2. Эксплуатационная готовность. Исследование за 2016 г. – все участники по миру [2, 3]

Более высокая эксплуатационная готовность характеризует надежность работы НПЗ и является результатом применения хороших практических подходов в области надежности и ремонтов. В общем случае видно, что НПЗ с высокой эксплуатационной готовностью имеют более низкие затраты на ремонты и техобслуживание, чем заводы с более низкой готовностью. Для снижения затрат на ремонты и техобслуживание следует повышать надежность и готовность, а не сокращать затраты и одновременно надеяться на повышение надежности. Результаты бенчмаркинговых исследований показывают, что экономия на ремонтных затратах без соответствующего повышения надежности производства не дает в конечном итоге повышение эксплуатационной готовности и не приводит в дальнейшем к снижению суммарных операционных затрат.

Показатели готовности в трех последних циклах исследований приведены на рис. 3, где значения показателя эксплуатационной готовности реиндексированы. Из рисунка видно, что на протяжении трех последних циклов Исследований (с 2010 по 2014 г.) репрезентативная группа российских НПЗ демонстрировала повышение эксплуатационной готовности, и темп ее роста был выше, чем у репрезентативных групп НПЗ Западной, Центральной и Южной Европы. Эксплуатационная готовность не настолько высока, как у НПЗ Западной Европы, но российские заводы движутся в правильном направлении. Внедрение Процессов совершенствования производства в практику планирования и проведения капремонтов помогли в 2010-14 гг. европейским и российским НПЗ сократить воздействие останова на капремонты на свою готовность. Интересно отметить, что в 2016 г. российские и западноевропейские НПЗ не продемонстрировали существенного улучшения показателя эксплуатационной готовности (поэтому данные за 2016 г. не приведены на рис. 3).

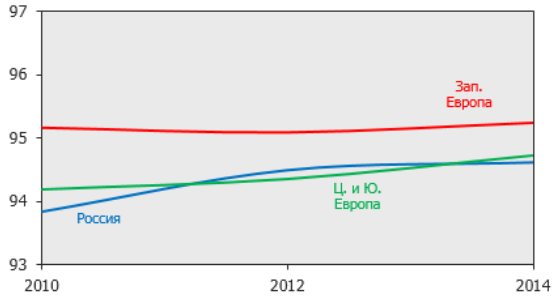


Рис. 3. Показатели готовности на трех последних циклах исследований [1, 2].

Показаны как относительные, а не абсолютные значения эксплуатационной готовности. Единица измерения (коэффициент реиндексирования) есть разница по сравнению со средним значением в абсолютных процентных пунктах

Высоких значений по валовой марже и низких по EII невозможно достичь без высокого уровня использования технологических мощностей. В среднем мировые НПЗ-лидеры имеют самые высокие показатели использования технологических мощностей – что ведет к более высоким энергоэффективности и рентабельности инвестиций. При этом Исследования показали, что среднее значение EII российских НПЗ составляет 150% от среднего по НПЗ-лидерам. Это значит, что российские НПЗ потребляют не менее, чем на 50% больше энергии по сравнению с мировыми НПЗ-лидерами аналогичной конфигурации.

Почему российские НПЗ потребляют так много энергии? Отчасти это связано с низкой стоимостью энергии в России (их энергосберегающие проекты имели в последнее время большие периоды окупаемости инвестиций), отчасти из-за своей технологической конфигурации и проектирования, исторически не ориентированного на энергосбережении.

Solomon обнаружил, что наиболее эффективные НПЗ обладают культурой непрерывных улучшений с высокой концентрацией усилий и внимания на энергетике. НПЗ-лидеры имеют небольшие системы производства пара и не используют пар в качестве теплоносителя, преимущественно они используют теплопередачу с помощью нагреваемых потоков углеводородного сырья и продуктов.

Тем не менее, энергоэффективность российских НПЗ, как и заводов Центральной и Южной Европы, непрерывно улучшается (рис. 4). При этом российские НПЗ становятся все более энергоэффективными, и у них остаются возможности для дальнейших улучшений. При этом эффективность НПЗ Западной Европы улучшается гораздо медленнее, поскольку они намного более эффективны, чем НПЗ остальных групп. Это означает, что даже при существенном улучшении показателей у российских заводов остались большие возможности для дальнейшего повышения энергоэффективности. Целесообразно отметить важность достижения хороших сбалансированных значений по широкому кругу производственных показателей. При этом маловероятно попадание в группу мировых НПЗ-лидеров путем выработки и реализации поспешных сиюминутных решений, не дающих улучшения показателей даже в среднесрочной перспективе (2-3 года), или за счет изменения рыночной конъюнктуры.

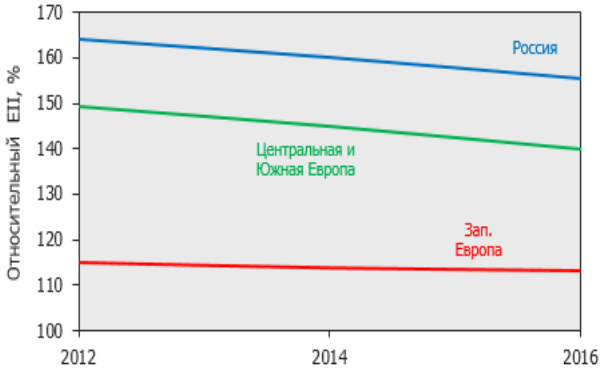


Рис. 4. Динамика относительного индекса энергоемкости (EII). [1,2]

Относительный EII = Средний EII по группе сравнения / средний EII по мировым НПЗ-лидерам * 100.

Исследования показали [1-3], что НПЗ российской репрезентативной группы учились работать более эффективно с большей скоростью, чем их европейские конкуренты и мировые НПЗ-лидеры, но трудозатраты на российских НПЗ по-прежнему остаются намного выше, чем у других заводов. Мы обнаружили, что НПЗ с более низкой эксплуатационной готовностью, как правило, имеют более высокие ремонтные затраты, что указывает на более высокие трудозатраты. В свою очередь, чем больше выполняется ремонтных работ, тем выше соответствующие административные и управленческие затраты. Вопрос, как пройти путь к производственному совершенству и приблизиться к мировым лидерам, а в перспективе стать одним из них, освещается в следующем разделе.

Путь к производственному совершенству

Методология Solomon совершенствования операционной деятельности – это процесс сокращения разрывов без капитальных затрат, т.е. внедрение лучших практик; максимизация валовых доходов; создание условий для устойчивого улучшения производственных показателей, позволяющий клиенту внедрять лучшие производственные практики, максимизировать валовую маржу, становиться более эффективным, формировать окружающую обстановку и культуру производства с целью обеспечения устойчивости изменений. При этом выделяются четыре ключевых фактора достижения совершенства [2,3]:

- Фокус на надежность
- Сокращение времени на проведение капитальных ремонтов
- Фокус на повышение валовой маржи (максимизация использования мощностей технологических установок, дающих наибольший вклад в маржу);

- Фокус на повышение энергоэффективности, охватывающий постоянный мониторинг энергопотребления и сведение энергобаланса на ежедневной основе; поиск стратегических и инвестиционных возможностей по энергосбережению в комбинации с другими направлениями развития и повышения операционной эффективности. При этом капитальные ремонты играют ключевую роль в достижении высокой эксплуатационной готовности.

Специально разработанная Solomon PEP-методология[24] предназначена для ускорения процесса внедрения изменений. Бенчмаркинг помогает организации пройти через фазу отрицания программы изменений (рис. 11), увидеть, где находится предприятие по любому направлению деятельности. Далее Solomon помогает преодолеть сопротивление, используя накопленный опыт исследований и объективные данные бенчмаркингового анализа.

Типичный путь к устойчивому повышению операционной эффективности, в ходе которого завод применял PEP-методологию компании Solomon, показан на рис. 5 [1-5]. Из рисунка видно, что путь из отстающих (нижний правый квадрант) в мировые лидеры (верхний левый квадрант) занял у НПЗ 20 лет. При этом в течение первых 10 лет (1994-2004 гг.) НПЗ сначала вкладывал средства в ремонты и повышение надежности (рост относительной эффективности ремонтных затрат на оси абсцисс в течение этого периода), и только по достижении необходимого уровня надежности в 2004 г. (эксплуатационная готовность на уровне 96-97% на оси ординат) у НПЗ стали резко стали снижаться ремонтные затраты. Это позволило заводу в течение следующего десятилетия (2004-2014 гг.) выйти в мировые лидеры по надежности и ремонтам.



Рис. 5. Путь к производственному совершенству [2]

Выводы

Исходя из результатов Исследования Solomon для топливных производств российских нефтяных компаний, в последние несколько лет процесс операционных улучшений на российских НПЗ шел быстрыми темпами. Исследования Solomon для топливных и масляных производств, газоперерабатывающих и нефтехимических производств по надежности и ремонтам показывают, что показатели энергоемкости, эффективности персонала и надежности российских НПЗ улучшаются, ремонтные затраты по отношению к Западной Европе возрастают, но также растет и готовность российских НПЗ. Однако достигнутые значения этих основных индексов говорят и о том, что у российских заводов все еще остаются большие возможности для дальнейшего совершенствования.

При этом все российские участники бенчмаркинговых исследований и сам Solomon отмечают весомый вклад и экспертизу АО «Хоневелл и ЦЦТ в успешное проведение исследований и консалтинговых проектов Solomon на территории России и стран СНГ на протяжении вот уже более 20 лет.

Сравнение показателей работы НПЗ в Исследованиях Solomon позволяет всем участникам, в том числе российским, извлекать новые уроки, среди которых, например, необходимость достижения и поддержания операционной готовности на уровне не ниже 97%, необходимость тщательно контролировать и сокращать потребление пара, факт того, что НПЗ-лидеры имеют различную организационную структуру [1-3]. Другой важный вывод – лидеры совершенствуются быстрее остальных. Поэтому для тех, кто хочет присоединиться к ним, Solomon разработал новые решения, отвечающие стремлению российских заводов совершенствоваться быстрее.

[24] *Методология ссовершенствования производственных показателей (от Performance Excellence Process Methodology).*

Литература к разделу 2

1 .*Браун Р.Ф., Шишорин Ю.Р., Ивашкина О.О., Капустин А.В.* бенчмаркинг российских НПЗ: 15 лет в России // Автоматизация в промышленности, 2015, № 4. – С. 46-53.

2.Еллерингтон Т., Пауэр П., Шишорин Ю.Р., Аксенова Т.С. Повышение операционной эффективности и бенчмаркинг российских предприятий топливно-энергетического сектора (на примере НПЗ) – М.: Автоматизация в промышленности, 2018 №12 – С.34-41.

3.*Ю.Р. Шишорин, В.И. Рыбкин, Т. Эллерингтон, П. Пауэр.* Повышение операционной эффективности и бенчмаркинг российских предприятий ТЭК // Докл. на 11-й Российской технологической конференция Хоневелл, Москва, сентябрь 2018 г.

4.United States Patent: 7,233,910. Awarded: Jun 19, 2007 - System and method for determining equivalency factors for use in CPA of industrial facilities. / M. J. Hileman, R. Broadfoot, R. B. Jones.

5. *Solomon EII*™ – Proprietary Trademark, Reg. No, 78,969,772, PEI™ – Proprietary Trademark, HSB Solomon Associates LLC / US Patent and Trademark Office.

СТРУКТУРНАЯ ПОЛИТИКА И МОДЕЛИ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

Сухарев О.С.

ИЭ РАН

o_sukharev@list.ru

Аннотация: В докладе излагается проблема формирования структурной политики применительно к российской экономике – для решения задачи экономического роста и проведения индустриализации экономики. Структурная политика трактуется как система мер, воздействующих на изменение пропорций экономической системы, в которой институциональные коррекции представляются лишь одним из инструментов. Управляющим параметром, изменение которого влияет на распределение ресурсов между секторами экономики выступает риск ведения хозяйственной деятельности в секторах экономики – обрабатывающем и трансакционно-сырьевым (вводится модель дихотомии экономики). В исследовании применяется структурный и эконометрический анализ, позволяющие получить модели изменения валовой добавленной стоимости в секторах экономики и проанализировать изменение релевантных параметров экономической динамики в зависимости от изменения риска ведения деятельности в обрабатывающем секторе. Проводится расчёт общего и специального коэффициентов индустриализации экономики – и даётся прогноз их изменения, чтобы показать, как изменение риска влияет на процесс индустриализации и вклад индустрии в темп экономического роста страны. В качестве основного результата можно рассматривать полученное условие, что понижение риска в обработке, является условием не только дальнейшего процесса индустриализации и проведения эффективной структурной политики, не сводимой к поверхностным институциональным модификациям, а выправляющей сложившуюся экономическую структуру за счёт изменения потока ресурсов – труда и капитала в пользу обработки. Это способствует проведению технологической индустриализации. В качестве методов демпфирования риска в обработке выступает не только применение проектного способа управления, реализация программ развития, но и создание условий для кредитования, страхования рисков, участия государства в инвестициях в основной капитал и промышленную инфраструктуру и др.

Ключевые слова: экономический рост, структурная политика, индустриализация, перемещение ресурсов, секторальная структура, технологичность, общий и специальный критерии индустриализации.

1 Структурная политика и индустриализация – базисный подход

Проблема формирования новой модели экономического роста является высоко актуальной для России. Сложившаяся экономическая динамика характеризуется не высоким темпом, к тому же с точки зрения качественных характеристик вклад обрабатывающих секторов не высокий, зависимость от импорта сохраняется довольно высокой. Подготавливаемые доклады [1], а также имеющиеся современные подходы [7, 9-10], также отражают эту потребность, постулируя, что необходимая структурная политика для новой модели роста. Однако они сводят обычно эту политику к приватизации, созданию бизнес-климата, улучшению инвестиций (инвестиционного климата), осуществлению многочисленных институциональных коррекций экономики, стимулированию спроса на отдельные виды труда, инновации [8], повышению производительности [9] и др.

При этом, существует оценка, будто, поскольку в развитых странах доля обработки не высока и доминирует так называемая сервисная экономика, то аналогичная экономическая структура автоматически полезна для России, безотносительно к тому, что доминирование сервисного сектора происходило за счёт деградации индустриальной компоненты, причём не только снижения доли обработки в ВВП, но и понижении технологического уровня. [2-4, 6]. Эффект снижения доли

обрабатывающих производств и увеличения сервисной экономики получил наименование деиндустриализации. Он закономерно происходил в развитых странах за счёт повышения общей технологичности и конкретно – технологичности обрабатывающего сектора. Поэтому, если по доле в ВВП наблюдалась деиндустриализация, то по изменению уровня технологичности – «технологическая индустриализация». Тем самым можно говорить о наличии двух основных моделей индустриализации - общей (по доле индустрии в ВВП) и технологической (по изменению технологичности индустриального сектора) [2, 6], которую можно обозначить как специальную.

Структурная политика, рассматриваемая как инструмент политики экономического роста, имеет довольно обширный набор инструментов, воздействующих на изменение сложившихся экономических пропорций, которые становятся своеобразным правилам роста. Тем самым, применяемый набор инструментов детерминирует модель роста. Поскольку в российской экономике сложились виды деятельности, которые относительно высоко рискованные и низко доходные, а также те, которые относительно низко рискованные и высокодоходные, то распределение риска ведения деятельности и доходности деятельности образует своеобразный профиль риска и портфель видов деятельности по доходности. Именно эти параметры, с макроэкономической точки зрения становятся неким правилом, влияющим на распределение труда и капитала в экономике, а в свою очередь данные факторы детерминируют динамику создаваемой валовой добавленной стоимости.

На рисунке А показаны (слева) основные инструменты структурной политики, влияющие на соотношение риска и доходности по выделяемым секторам (обрабатывающий и трансакционно-сырьевой) и видам деятельности.

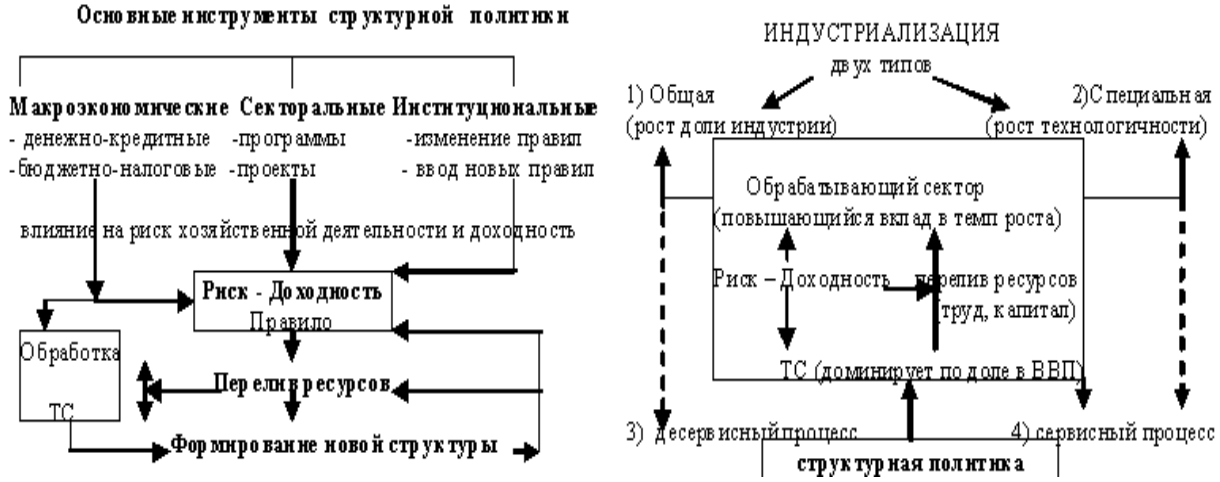


Рисунок А – Основные инструменты структурной политики и модели индустриализации (обозначение на рисунке: ТС – трансакционно-сырьевой сектор)

Воздействую на риск и изменения соотношения риска деятельности в секторах. Который наверняка влияет на рентабельность деятельности, будут с некоторым лагом изменяться распределение ресурсов между секторами. Тот сектор, который расширен чрезмерно, отдаст ресурсов в пользу того сектора, который необходимо развивать. Если ставится задача индустриализации, даже второго типа (технологической), то на её реализацию требуется получить необходимый ресурс (труд и капитал).

Это изменяет структуру секторов, соотношение риск аи доходности, что формирует иную структуру и влияет на вклад в темп роста экономики. Механизм этого изменения показан на рисунке А, справа, где динамика по общей модели индустриализации приводит к «десервисной» экономике (уменьшению сервисного сектора[25]), однако, процесс технологической индустриализации, который также нуждается в ресурсах, укрепляет позиции сервисного сектора. Риск (определяемый в расчётах по среднему квадратичному отклонению прибыли в выделенных двух макросекторах экономики), выступает управляющим параметров. Влияя на риск, можно подействовать на изменение потоков труда и капитала, изменить величину и динамику валовой добавленной стоимости и вклад секторов к темп экономического роста. Подробные исследования осуществлены в ряде работ автора и в подготовленном в 2019 году масштабном исследовании структуры роста и технологического

[25] *Такой процесс в развитых странах не обнаруживается, однако, он теоретически возможен.*

обновления (в соавторстве с Е.Н. Ворончихиной [4] на базе авторского теоретического подхода и моделей, элементы которого раскрываются в настоящем докладе и в иных предшествующих работах [3]). Далее проведём исследование по следующим шагам:

- оценив динамику валовой добавленной стоимости для двух секторов и российской экономики, подобрав факторные модели (методом отбраковки по лучшим статистикам);
- дадим оценку валовой добавленной стоимости обработки на изменение риска ведения хозяйственной деятельности в этом секторе (в ценах 2004 года), чтоб подтвердить наличие чувствительности данного параметра к динамике риска;
- рассчитаем общий и специальный критерий индустриализации [3] и дадим прогноз в зависимости от изменения риска в секторе обработки r1 (на 10,30, и 50%)
- сформулируем выводы по влиянию риска на процесс индустриализации.

Итак, следуя указанным выше шагам алгоритма исследования, представим модели изменения валовой добавленной стоимости для российской экономики и рассматриваемых секторов – обработки и трансакционого-сырьевого сектора, расчёт осуществляем в ценах 2004 года.

На рисунке 1 показана модель изменения валовой добавленной стоимости для экономики России, на рисунке 2-3 – для секторов.

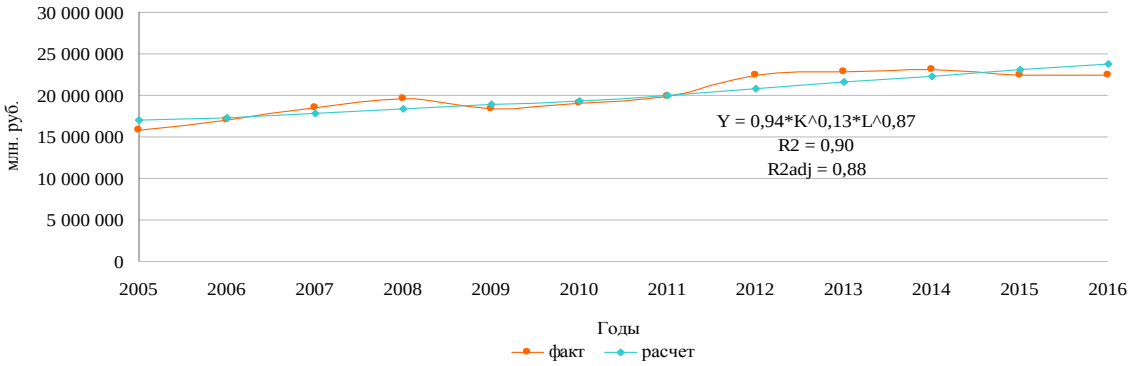


Рисунок 1 – Валовая добавленная стоимость России в ценах 2004 года, факт, расчёт[26], *млн. руб.*

Судя по представленной модели, фактор труд оказывает основное воздействие на динамику ВВП России на рассматриваемом интервале времени с 2005 по 2016 год, хотя модель сглаживает снижение ВВП в 2009 году и 2015-2016 гг.

Для обрабатывающего сектора модель создания валовой добавленной стоимости (ВДС) принимает виде как на рисунке 2. Капитал и технологичность оказывают меньшее влияние на создание продукт в обработке, труд – оказывает более сильное влияние.

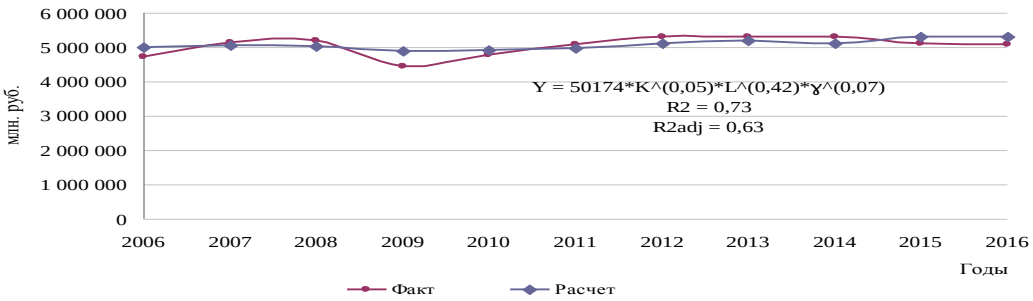


Рисунок 2 – Валовая добавленная стоимость в обработке, 2006-2016 гг. в ценах 2004 года, млн. руб.[27]

[26] *Статистики: R^2 = 0,9; R^2_{adj} = 0,86; F-критерий = 32,9; D-W критерий = 1,0; Тест Уайта: $\chi 2^{расчет.}$ = 5,96; $\chi 2^{крит.}$ = 5,99*

При увеличении технологичности в диапазоне от 0,08 до 0,1 ВДС существенно не изменяется. Это говорит о том, что состояние капитала и уровень технологий продолжают быть сдерживающим фактором развития российского обрабатывающего сектора.

В отличие от обрабатывающего сектора в трансакционно-сырьевом, наоборот, труд оказывает наиболее сильное влияние на развитие (рисунок 3).

Влияние труда, капитала и технологичности на функционирование секторов в рамках исследуемой модели, позволяющей сделать выводы о ходе процесса индустриализации и структурной трансформации российской экономики, сводится к тому, что лимитирующим условием выступает технологичность производства. Однако, чтобы происходили изменения пропорций между секторами в пользу обработки, необходим ресурс – труд и капитал, а также технологическое переоснащение производства, то есть, инвестиции в новые технологии. Важным условием для решения структурных задач выступают ресурсы, сосредоточенные в самих секторах и их перелив между секторами. Покажем влияние перелива труда и капитала на изменение добавленной стоимости в обрабатывающем секторе, а также влияние технологичности и риска.

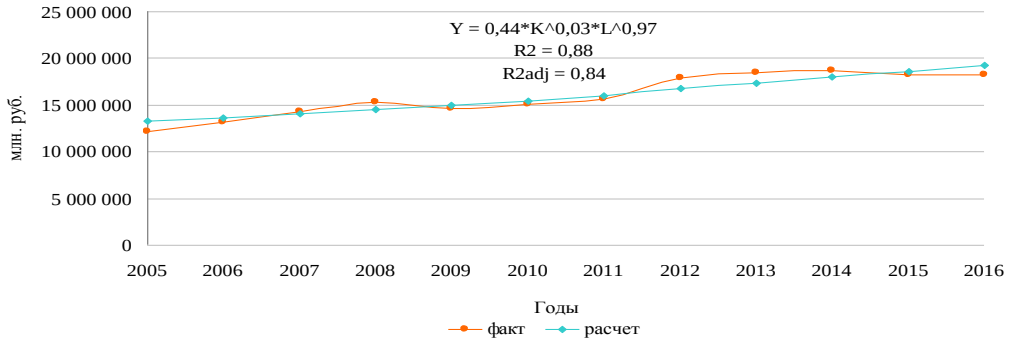


Рисунок 3 - Валовая добавленная стоимость в трансакционно-сырьевом секторе, 2005-2016 гг., млн.руб.[28] *[4]*

Если снизить риск в обработке и повысить в трансакционно-сырьевом секторе, то и по доле ВДС виден позитивный результат (рисунок 4) – доля ВДС возрастает.

Как видим из рисунка 4, изменение доли ВДС почти на всём интервале рассмотрения становится положительным. Это говорит о процессе общей индустриализации, то есть, увеличении доли обрабатывающего производства в создаваемом продукте. Однако, такое изменение происходило бы по предложенным моделям, если бы принимались меры экономической политики изменяющие соотношение риска ведения бизнеса в секторах. По факту ситуации в России показывает нижняя линия рисунка 4, то есть, изменение доли преимущественно отрицательное, обработка сжимается в общей величине создаваемого продукта.

Таким образом, обобщая проведенный анализ, результаты эмпирических сопоставлений и эконометрического моделирования, можно утверждать, что воздействуя на риск (притом, что он связан с доходностью), удастся изменить динамику валовой добавленной стоимости. Данным процессом можно управлять, соизмеряя действенность инструментов макроэкономической политики с изменением указанных релевантных агрегированных параметров секторов. Приоритетной задачей для российской экономики является задача организации индустриального роста, повышение вклада индустрии в темп роста с одновременным ростом уровня технологичности за счет появления шумпетеровских новых комбинаций (инноваций) [5].

---

[27] *Статистики: R^2 = 0,73; R^2_{adj} = 0,63; F-критерий = 5,0; D-W критерий = 1,84; Тест Уайта: $\chi 2^{расчет.}$ = 2,13; $\chi 2^{крит.}$ = 5,99*

[28] *Статистика: R^2 = 0,88; R^2_{adj} = 0,84; F-критерий = 64,7; D-W критерий = 1,03; Тест Уайта: $\chi 2^{расчет.}$ = 2,87; $\chi 2^{крит.}$ = 5,99*

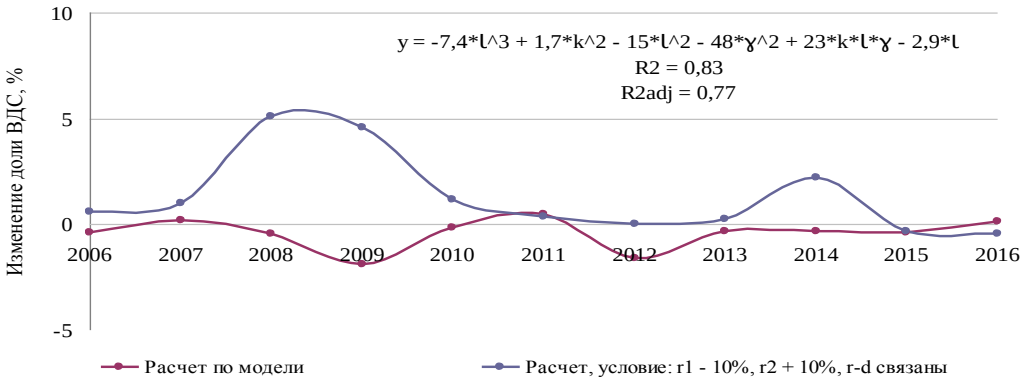


Рисунок 4 – Изменение доли ВДС обработки в ценах 2004 г., при уменьшении риска в обработке и росте риска в трансакционно-сырьевом секторе соответственно на 10%, 2006-2016 гг.[29] *[4]*

Именно решение такой задачи потребует выравнивания рисков в секторах (в рамках модели дихотомии экономики – обрабатывающий и трансакционно-сырьевой секторы), которые сильно детерминированы институциональными условиями функционирования указанных секторов и российской экономики. Решение данной задачи структурного анализа в рамках модели дихотомии с учётом оценки динамики процесса индустриализации на примере российской экономики, позволит учесть не только вклад индустрии в темп роста, но и то, как происходит процесс изменения технологичности, каким образом структурные изменений, происходящие за счёт перемещения ресурсов между секторами (обработкой, сырьевым и трансакционным) влияют на процесс создания добавленной стоимости в секторах [7-10]

2 Индустриализация: прогноз изменения по общему и специальному критериям30

Оценку процесса индустриализации российской экономики проведём согласно общему и специальному критериям, предложенным автором в работе [3]

Валовая добавленная стоимость в обрабатывающем секторе зависит по полученной выше модели от капитала, труда и технологичности. При изменении риска (по расчёту) будет изменяться и валовая добавленная стоимость (ВДС), созданная в обрабатывающем секторе. В годы кризиса снижается приток капитала в обработку, в связи с чем, ВДС меньше, нежели при более высоком на 30 и 50% риске.

Общий итог применения полученных моделей сводится к тому, что снижение риска увеличивает в среднем ВДС обработки и снижает ВДС трансакционно-сырьевого сектора. Тем самым влияя на риск – реализуется управление не только переливом ресурсов между секторами, но и динамикой самих секторов и в целом экономической структуры. Следовательно, риск может выступать в виде макропараметра при проведении структурной политики.

Общий критерий индустриализации по своей формулировке должен реагировать на изменение валовой добавленной стоимости в секторах, отражая ход процесса индустриализации. Дадим расчёт общего критерия индустриализации для уменьшения риска на 10, 30 и 50 % (см. рисунки 5-6)[4].

С уменьшением риска в обработке планомерно улучшается критерий индустриализации. (рисунки 5-6). Причём общий критерий при снижении риска в обработке на 50% показывает индустриализацию практически на всём интервале времени с 2006 по 2016 гг. Следовательно, если бы в рамках структурной политики применялись меры, снижающие риск в обработке, увеличивающие доходность этого сектора и стимулирующие инвестиции в новые технологии, то наблюдался бы процесс индустриализации.

---

[29] *Статистики применённой модели для изменения доли ВДС: R^2 = 0,83; R^2_{adj} = 0,77; F-критерий = 47,9; D-W критерий = 1,78; Критерий Пирсона:$\chi 2_{расчет.}$ = -4,46; $\chi 2_{крит.}$ = 16,92*

[30] *Используемые в этом разделе графики даются, в основном, по источнику [4]*



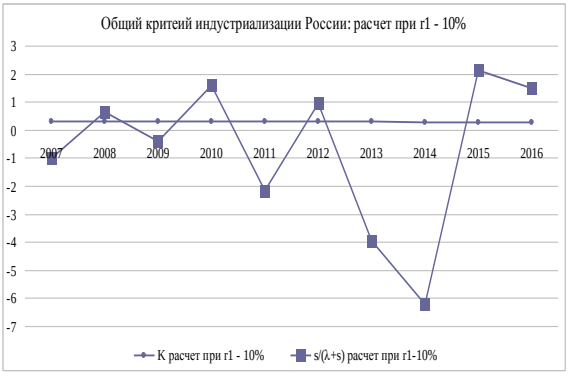
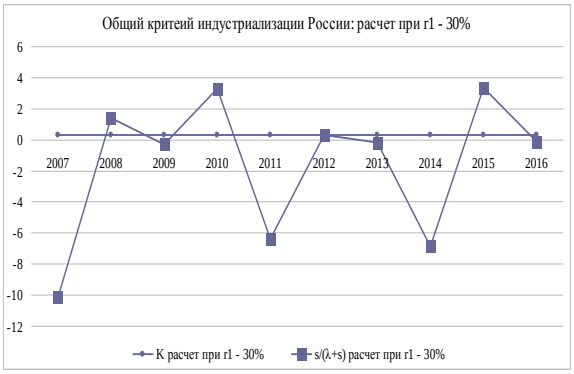


Рисунок 5 – Общий критерий индустриализации, исходный (слева), r1-10% (справа), 2006-2016



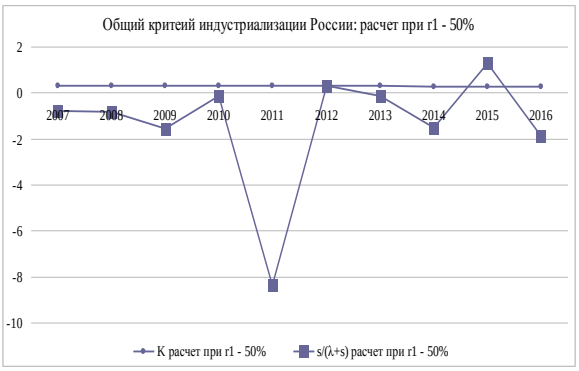


Рисунок 6 Общий критерий индустриализации при r1-30% (слева), r1 – 50% (справа), 2006-2016 [4]

Не только воздействуя на риск в обработке можно влиять на перелив ресурсов и индустриализацию, но и повышая риск в трансакционно-сырьевом секторе, который относительно обработки довольно низкий. Опустим промежуточные расчёты, которые выполняются по тому же алгоритму, что и при снижении риска в обработке. Приведём расчёт критериев индустриализации.

Нужно отметить, что эффект влияния на ВДС обработки от увеличения риска в трансакционно-сырьевом секторе (r2) значительно меньше, чем эффект влияния уменьшения риска в обработке (r1). Это сказывается и на изменении общего критерия индустриализации. Таким образом, увеличение риска в трансакционно-сырьевом секторе не может рассматриваться как безупречная мера экономической политики индустриального роста, так как сдерживает развитие данного сектора, и не даёт равнозначного (как при снижении риска) развития тому сектору, который необходимо стимулировать. В итоге, параметры процесса индустриализации становятся хуже (для сравнения см рисунки 5-6 и рисунки 7-8), нежели при уменьшении риска в обработке (при 10 и 30% сопоставимы, при 50% - явно хуже). Вместе с тем, следует отметить, что повышение риска на 10, 30 и 50% в трансакционно-сырьевом секторе улучшает процесс индустриализации (рисунки 7-8).





Рисунок 7 - Общий критерий индустриализации, исходный (слева), r2+10% (справа), 2006-2016

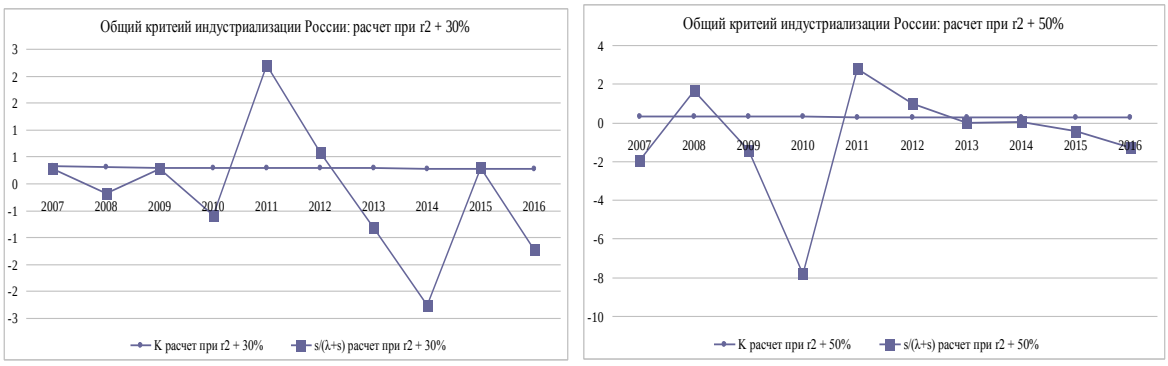


Рисунок 8 - Общий критерий индустриализации, r2+30% (слева), r2+50% (справа), 2006-2016

Если при уменьшении риска в обработке на 10% результат по критерию индустриализации сравним с ситуацией увеличения риска r2 на 10%, то при изменении риска на 50%, результат при уменьшении риска выглядит предпочтительнее (по общему критерию), нежели при увеличении риска.

Рассмотрим изменение специального критерия индустриализации при изменении технологичности – инвестиций в новые и старые технологии, которое достигается не само по себе, а изменением риска ведения деятельности в секторах. Чувствительность к риску определит изменение общей технологичности каждого сектора, что в итоге скажется на специальном критерии индустриализации.

Посмотрим, как будет изменяться специальный критерий при уменьшении риска в обработке на 10, 30 и 50% соответственно. Перелив капитала, труда, технологичность получены выше для подобного изменения риска. Для специального критерия необходимо рассчитать объём отгруженных товаров в секторах, объём производства на старых технологиях, технологичность трансакционно-сырьевого сектора. Промежуточные расчёты также не приводятся с целью экономии места. Перейдём сразу к полученному результату по специальному критерию индустриализации.

Итоговый расчёт специального критерия при уменьшении риска в секторе обработки в сравнении с исходным значением отражают рисунки 9-10

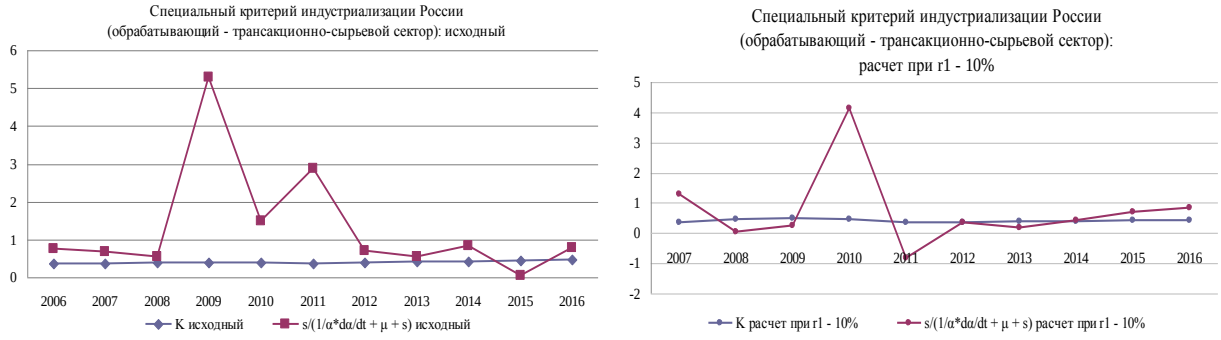


Рисунок 9 – Специальный критерий индустриализации - исходный (слева), при уменьшении риска на 10% - справа, 2006-2016 гг.

Уже при уменьшении риска на 10% на всём интервале рассмотрения, специальный критерий индустриализации – улучшается. Дальнейшее снижение риска на 30 и 50% ещё сильнее улучшает этот критерий (рисунок 10, справа).

Таким образом, если имеется выбор в инструментах экономической политики между повышением риска в трансакционно-сырьевом секторе или снижением в обработке, предпочтительнее снижать риск в обработке. Тем самым стимулируется процесс индустриализации и роста этого сектора, посредством увеличения капитала и труда за счёт перелива ресурсов между секторами (в расчёте не учитывалось обстоятельство увеличения ресурсов вне связи с переливом).

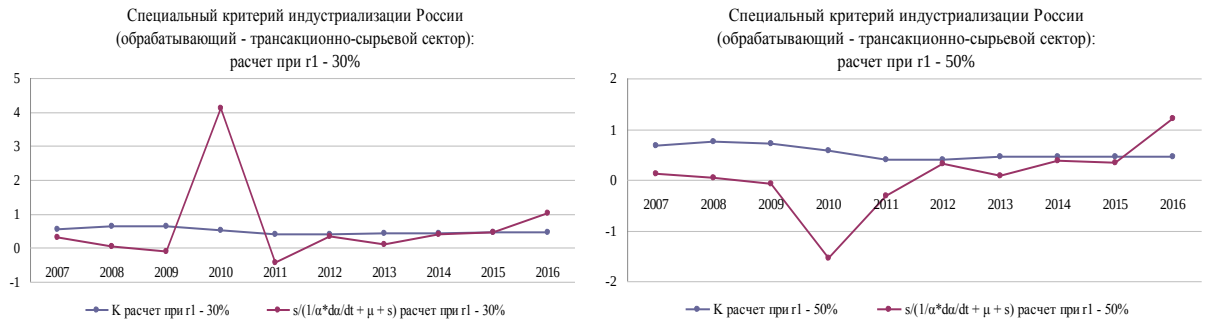


Рисунок 10 – Специальный критерий индустриализации – при уменьшении риска на 30% (слева), при уменьшении на 50% (справа), 2006-2016 гг.

На рисунке 11-12 дан прогноз по общему критерию индустриализации на базе исходной зависимости (рисунок 93, слева), при снижении риска в обработке на 10% на всём рассматриваемом интервале 2006-2016 гг. плюс годы прогноза 2019-2021.

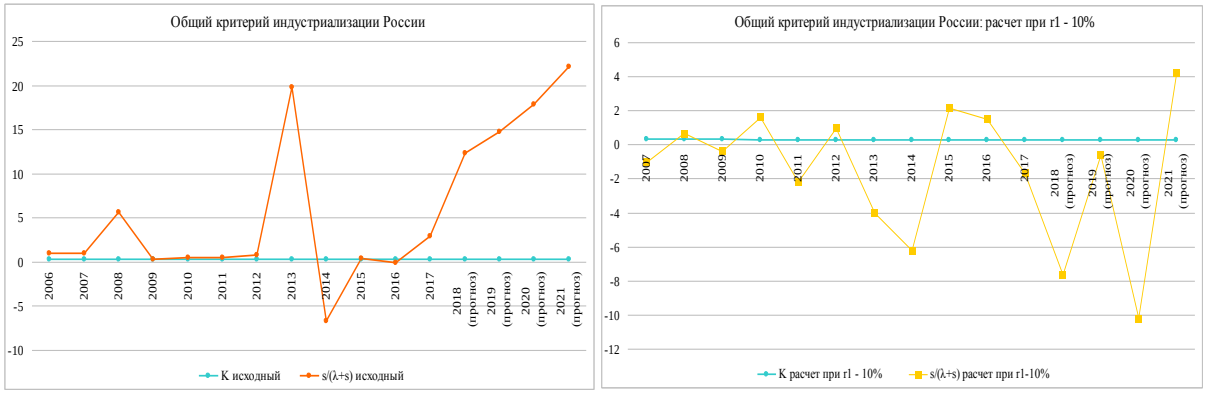


Рисунок 11 – Общий критерий индустриализации – прогноз по исходным значениям (слева) при снижении риска в обработке на 10% на всём интервале включая прогнозный период (справа), 2006-2021 гг. [4]

Если не предпринимать никаких мер экономической политики, то по общему критерию деиндустриализация в период 2019-2021 гг. усилится[31]. При снижении риска на 10, 30 и 50% активизируется процесс индустриализации, и на периоде прогноза имеется индустриализация экономики, чем меньше риск. Для снижения на 50% результат по этому критерию оказывается наилучшим (рисунок 12, справа).

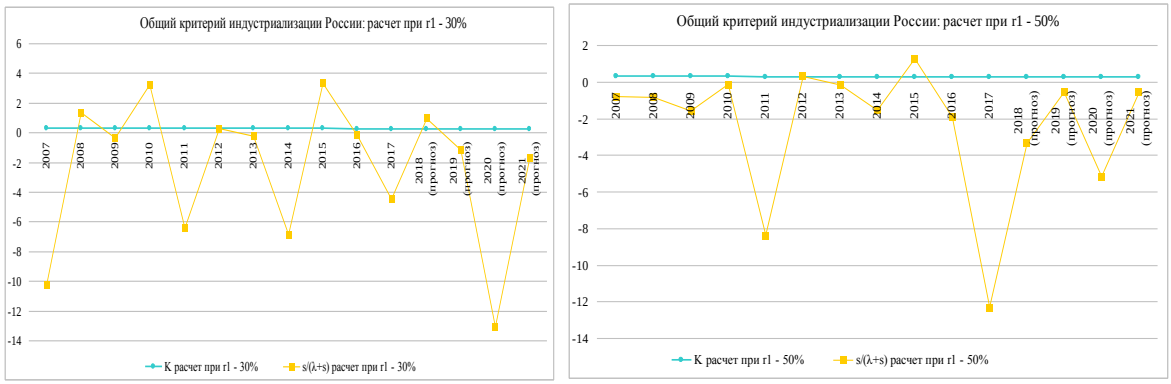


Рисунок 12 - Общий критерий индустриализации – прогноз при снижении риска в обработке на 30% (слева), на 50%, включая прогнозный период (справа), 2006-2021 гг. [4]

[31] *В данном исследовании 2018 год на рисунках отнесён к периоду прогноза, так как расчёт выполнялся в конце 2018 и начале 2019 года, когда данным по итогам развития в 2018 году официальная статистика не давала. По этой причине данный год был отнесён к прогнозному.*

Если риск снизить, начиная с 2018 года по 2021, тогда результат отражает рисунок 13, при снижении на 10,30 и 50% (слева-направо). Как видим, также наблюдается процесс индустриализации 2018-2021 гг. До 2018 года имеем исходный вид критерия индустриализации. При снижении риска ситуация явно улучшается в плане процесса индустриализации. Следовательно, снижение риска оправданно, начиная с текущего момента – проблема сводится к получению модели для риска в обработке от факторов, влияющих на величину риска, чтобы осуществить его снижение конкретными способами воздействия на сектор обработки.

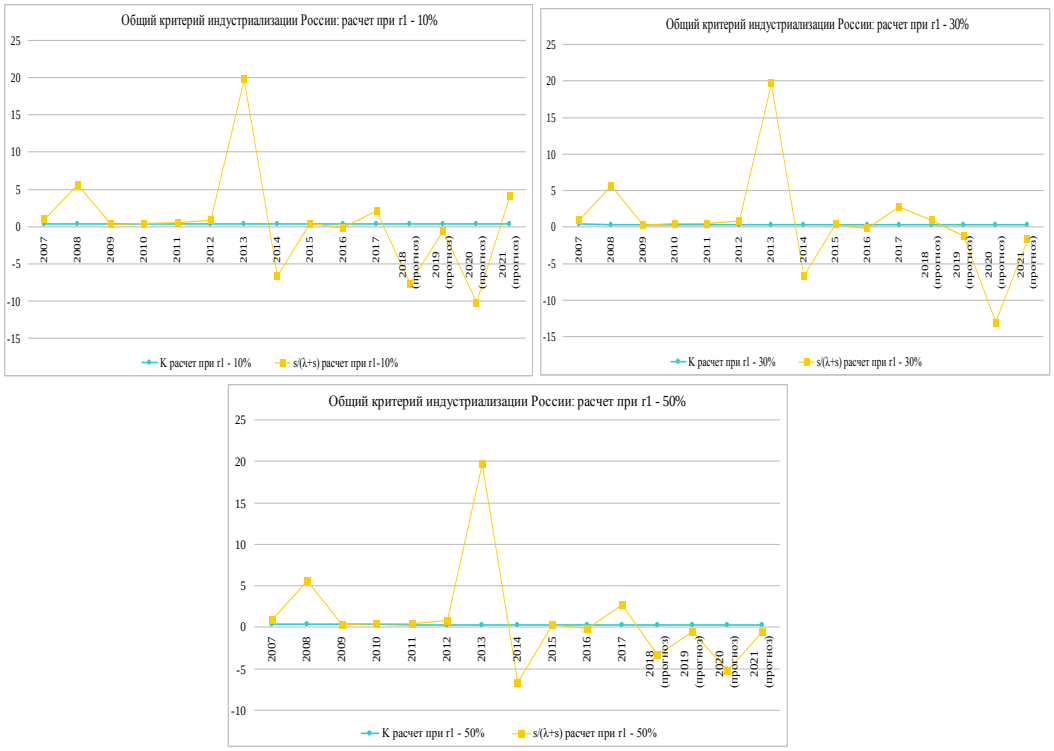


Рисунок 13 – Общий критерий индустриализации прогноз при уменьшении риска в обработке с 2018 года на 10,30 и 50% до 2021 года. [4]

Следовательно, снижение риска, неоднозначно влияя на критерий индустриализации, тем не менее, относительно исходного состояния системы улучшает процесс индустриализации при снижении на 10, 30 и 50%. Результат по каждому снижению друг относительно друга немного отличается по причине не линейной зависимости релевантных параметров модели от риска.

Далее представим прогноз для специального критерия индустриализации, представленный на рисунке 14-15.

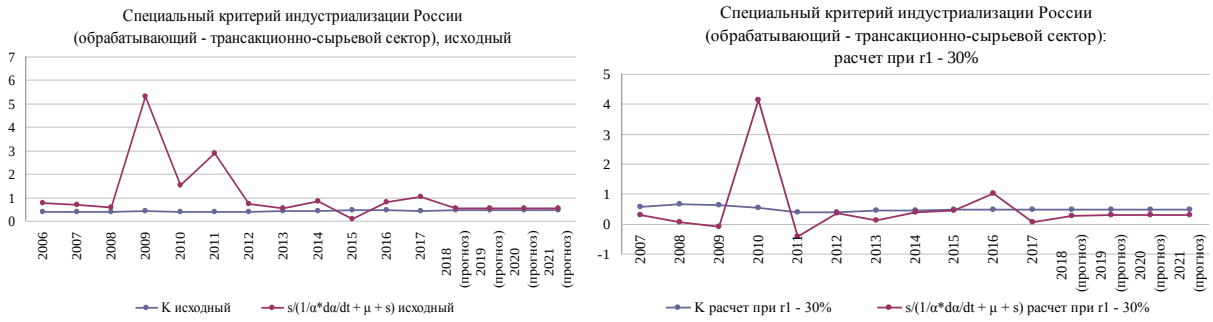


Рисунок 14 – Специальный критерий (прогноз) – исходный (слева), при снижении риска в обработке на 30% (справа)

Прогноз по исходной модели, без снижения риска, даёт деиндустриализацию практически на всём интервале времени. Снижение риска на 30 и 50% улучшает процесс, а при снижении на 50% обеспечивает процесс индустриализации почти на всём интервале, включая прогнозный участок

времени 2019-2021 гг[32]. Конечно, риск является системным понятием, поэтому исследование его снижение и факторов динамики – представляет отдельную научную проблему. Вместе с тем, отметим, что в экономическом секторе риск детерминирован сложившимися правилами хозяйственного поведения, а также само соотношение секторов представляет собой правило, регулирующее распределение ресурсов в границах крупномасштабной системы



Рисунок 15 – Специальный критерий – прогноз, при уменьшении риска в обработке на 50%, 2006-2021 гг.[4]

Заключение

Подводя итог проведенному исследованию, отметим два главных вывода.

Во-первых, влияя на риск в обрабатывающем секторе (понижая), а также не понижая риск в трансакционно-сырьевом секторе, обеспечивает перемещение ресурса в пользу индустрии, с увеличением среднего вклада её в темп роста экономики России.

Во-вторых, уменьшение риска в обработке стимулирует процесс общей и технологической индустриализации, что показывает динамика общего и специального коэффициентов индустриализации [3]

Таким образом, риск, не учитываемый в неоклассических и иных макромоделях экономического роста, выступает релевантным параметров структурной политики, направленной на формирование иного подхода к управлению ростом и стимулированию технологического обновления экономики. Следующим этапом в исследовании данного вопроса является рассмотрение чувствительности различных институциональных коррекций на изменение самого риска в секторах, с учётом соотношения рисков, потому что именно соотношение рисков и доходностей в секторах выступает правилом перемещения ресурсов между экономическими секторами и видами деятельности. Именно такое влияние и может составлять основное содержание подлинной структурной политики, подчинённой задаче развития страны.

Литература

1. Доклад НИУ ВШЭ. Структурная политика в России: новые условия и возможная повестка // Вопросы экономики. 2018 - №6. С. 5 – 28.
2. *Сухарев О. С.* Структурный анализ технологических изменений и стратегия экономического роста. // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018 - № 3. С. 26 – 41.
3. *Сухарев О.С.* Теория реструктуризации экономики. М.:Ленанд -2016–256 с.
4. *Сухарев О.С., Ворончихина Е.Н.* Стратегия индустриализации экономики. Исследование структуры экономического роста и технологического обновления – М.: Ленанд, 2019 – 320 с.
5. *Шумпетер Й.* Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. М.: Эксмо.- 2007.
6. *Яременко Ю.В.* Приоритеты структурной политики и опыт реформ. М.: Наука. 1999.
7. *Alonso-Carrera J., Raurich X.* Demand-based structural change and balanced economic growth. Journal of Macroeconomics, 2015 - Vol. 46, December, pp. 359 – 374.
8. *Andergassen R., Nardini F., Ricottilli M.* Innovation diffusion, general purpose technologies and economic growth. Structural Change and Economic Dynamics, 2017 – Vol. 40, No. 9, pp. 72 – 80.
9. *Chen S., Jefferson G.H., Zhang J.* Structural change, productivity growth and industrial transformation in China. China Economic Review, 2011 – Vol. 22, No. 1, pp. 133 – 150.
10. *Romano L., Traù F.* The nature of industrial development and the speed of structural change. Structural Change and Economic Dynamics, 2017 – Vol. 42, No. pp. 26 – 37.

[32] *Прогноз производился летом 2018 года, тем самым, экономика РФ функционировала всего полгода, и 2018 год не был завершён.*

ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Цыганов В.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
bbc@ipu.ru

Аннотация: Рассматриваются научно-технические инфраструктурные аспекты обоснования условий глубокого комплексного развития Сибири, Дальнего Востока и Арктической зоны России путем создания международных транспортно-логистических коридоров между Европой и Азией на основе Северного морского пути, Транссибирской и Байкало-Амурской железных дорог. Разработанные модели и методы были использованы для разработки планов развития транспортной инфраструктуры этого макрорегиона на период до 2050 года.

Ключевые слова: инфраструктура, транспорт, логистика, регион, проект, сеть, развитие, игра, управление, структура, интеллектуальный.

Инфраструктурные политики, ориентированные на развитие транспорта (кратко - ИТП) традиционно направлены на формирование единой транспортной и сопутствующей инфраструктуры крупномасштабных социально-экономических систем. Мегапроект «Транс-Евразийский Пояс Развития – Интегральная Евразийская Транспортная Система (ТЕПР – ИЕТС)» (кратко – Мегапроект) направлен на развитие Сибири, Дальнего Востока и Арктики (кратко – Макрорегиона) [1]. ИТП Мегапроекта основана на результатах фундаментальных и прикладных исследований и разработок, проведенных в РАН, а также практических их результатах. Фундаментальную основу разработки ИТП Мегапроекта составляет теория больших транспортных систем (БТС) [2-10].

Сетецентрическая модель Макрорегиона. Анализ международных — евразийских и европейских — ИТП с позиций теории и практики построения БТС позволяет перейти к разработке научно обоснованной ИТП Мегапроекта. Общая цель ИТП конца XX — начала XXI века — обеспечение свободного движения товаров, услуг, капитала и трудовых ресурсов, конкуренции и доступа на рынок услуг и его инфраструктуру. До сих пор для этого использовались традиционные, информационные и сетевые ИТП. Например, Евросоюз реализует сетевую ИТП согласно Белой книги 2011 г. Теоретически и методологически обоснованным ответом на новые угрозы и вызовы является разработка ИТП Мегапроекта более высокого уровня — сетецентричной ИТП (СИП), включающей концепцию поддерживаемого развития на основе самоорганизации центров капитала на рынке транспортных услуг Макрорегиона. Благодаря этому будет повышена инвестиционная привлекательность проектов международных транспортно-логистических коридоров на территории Российской Федерации, соединяющих Азиатско-Тихоокеанский регион и Еврсоюз (кратко - МТК), которые призваны стать точками роста Макрорегиона. Для этого предлагается концепция СИП, как сетевой ИТП, дополненной концепцией поддерживаемого развития системообразующих центров рынка транспортных услуг Макрорегиона. Такими центрами должны стать железная дорога (ЖД). Только её под силу обеспечить рывок от традиционной ИТП к СИП, минуя промежуточные стадии информационной и сетевой ИТП. Теория управления МТК основана на соответствующих моделях пропускной и провозной способности [3-5].

Мультимодальная интеллектуальная транспортная система Макрорегиона. Концепция новой промышленной революции INDUSTRIE 4.0 основана на широком использовании информационных и телекоммуникационных сетей с элементами систем искусственного интеллекта и когнитивного управления. Применение и развитие концепции INDUSTRIE 4.0 на транспорте связана с созданием мультимодальных интеллектуальных транспортных систем (МИТС) для скоординированного использования различных его видов - автомобильных, железнодорожных, морских и авиационных. Первое поколение МИТС было ориентировано на компьютерное решение локальных задач мультимодального планирования и маршрутизации (типа личного навигатора). МИТС второго поколения ограничились построением концептуальных моделей крупномасштабных транспортных систем. В работе [6] предложена архитектура МИТС третьего поколения для России, основанная на использовании сетевых, информационных и телекоммуникационных технологий в сочетании с искусственным интеллектом и когнитивным управлением.

ИТП Мегапроекта ориентирована на создание МИТС 3.0, соответствующей концепции INDUSTRIE 4.0. Для этого необходимо разработать интеллектуальные сети взаимодействия различных видов транспорта, в том числе информационные и телекоммуникационные платформы их применения. Интеграция информационных и телекоммуникационных систем с искусственным

интеллектом и когнитивным управлением основана на теории БТС. В основе её практической реализации лежит концепция ПРОКСИМА — комплексная система прогнозирования, планирования и стимулирования реализации Мегапроекта за счет интеграции естественного и искусственного интеллекта — сочетания знаний, опыта и интуиции лиц, принимающих решения, с адаптацией и обучением в условиях изменений и неопределенности. Блоки оценки и ранжирования ПРОКСИМА (БОР) позволяют вести мониторинг БТС с помощью адаптивных алгоритмов, формировать комплексную оценку, нормативную базу и прогнозировать эволюцию МТК.

Цифровизация транспортных, информационно-телекоммуникационных и энергетических сетей. Формирование МИТС Макрорегиона предполагает цифровизацию транспортных, информационно-телекоммуникационных и энергетических сетей. В теории БТС поставлены и решены задачи оптимизации числа, местоположения и границ регионального управления транспортными и информационно-телекоммуникационными сетями. Разработана единая платформа оптимизации числа, местоположения и границ регионального управления транспортом и обеспечивающими его сетями [7]. Полученные решения апробированы на практике. Поэтому цифровизация транспортных сетей Макрорегиона позволит решить задачи оптимизации их структуры, в том числе задачи оптимизации числа и местоположения:

а) федеральных мультимодальных транспортно-перегрузочных терминалов - логистических центров (кратко – ТЛЦ [8]), обеспечивающими перевалку и доставку грузов по рокадным направлениям (маршрутам, путям) Мегарегиона с максимальной эффективностью;

б) ТЛЦ на Северном морском пути (СМП), обеспечивающих перевалку и доставку грузов по рокадным направлениям (маршрутам) Мегарегиона;

в) федеральных транспортно-перегрузочных узлов для обработки контейнерных грузов;

в) межрегиональных мультимодальных терминалов - логистических центров (хабов), в том числе для использования малой и среднемагистральной авиации;

г) быстровозводимых взлетно-посадочных полос для малой авиации.

Цифровизация транспортных сетей позволит решить задачи оптимизации числа, местоположения и границ регионального управления со стороны операторовфедерального уровня, обеспечивающих транспортные перевозки в соответствии с целями Мегапроекта. Вышеуказанные мероприятия позволят оптимизировать структуру Единой транспортной сети Мегарегиона. Она будет дополнена телекоммуникационной системой (сетями и магистралями), системой генерации и передачи электроэнергии, а также системой жизнеобеспечения населения. Вышеуказанная единая платформа позволяет решать задачи оптимизации числа, местоположения и границ регионального управления этими системами, обеспечивающими функционирование МТК (в том числе информационно-телекоммуникационными, энергетическими и социальными сетями). В частности, решение такого рода задач позволит оптимизировать структуру телекоммуникационных сетей Макрорегиона. Вышеуказанная единая платформа позволит также решить задачи оптимизации территориального размещения новых объектов генерации электроэнергии для МТК, развития энергетических сетей обеспечения МТК, и оптимизировать структуры региональных и федеральных сетевых компаний в энергетической системе Мегарегиона.

Цифровизация систем безопасности Макрорегиона. Формирование МИТС Макрорегиона предполагает цифровизацию систем его безопасности. На основе общей теории безопасности больших систем, теории БТС и опыта разработки крупномасштабных систем безопасности, развита методология цифровизации систем безопасности Макрорегиона в условиях динамики и неопределенности. Центральное место в этих системах занимают интеллектуальные механизмы, направленные на интеграцию естественного и искусственного интеллекта — сочетание знаний, опыта и интуиции ЛПР с адаптацией и обучением в условиях неопределенности и динамики на основе новых информационных технологий. Интеллектуальные механизмы строятся на основе концепции ПРОКСИМА, как комбинации БОР. В свою очередь, каждый БОР формируется из адаптивных архетипов, обеспечивающих, соответственно, оценку и ранжирование показателя результативности элемента Макрорегиона, отвечающего за безопасность в определенной области. БОР позволяет также прогнозировать и планировать эти показатели. В частности, на основе такого рода интеллектуальных механизмов разработана и внедрена методика автоматизированной комплексной оценки пожарной безопасности объектов ОАО «РЖД». Интеллектуальные механизмы на основе комбинаций БОР позволяют вести мониторинг Макрорегиона с помощью разнообразных адаптивных алгоритмов идентификации и прогнозирования, обучения классификации и опознавания образов, формировать комплексные оценки и нормативную базу.

Цифровая железная дорога как центр сетецентричной модели Макрорегиона. С одной стороны, ЖД является центром сетецентричной модели Макрорегиона. С другой стороны, формирование МИТС предполагает цифровизацию ЖД. Таким образом, Центром сетецентричной модели Макрорегиона является цифровая ЖД.

Цифровизация взаимодействия с клиентами. Основой выживания и развития транспортной компании, в условиях стагнирующего или медленно растущего рынка транспортных услуг, является её клиентоориентированность. Для её обеспечения в условиях быстрых изменений необходима цифровизация взаимоотношений с клиентами. Поэтому, например, ключевым элементом цифровой железной дороги является Единый каталог услуг Холдинга «РЖД» [9]. Соответственно, ключевым элементом Мегапроекта является разработка Единого каталога услуг МТК.

Цифровизация перевозочного процесса ориентирована на оптимизацию пропускной способности железных дорог с целевыми показателями их *увеличения в 1,5-2 раза*. В сочетании с модернизацией и реконструкцией железнодорожных путей, а также строительством вторых железнодорожных путей БАМ (двухполосная железнодорожная магистраль, электрифицированная на всем протяжении, и оборудованная современными средствами автоматики, связи, информационными технологиями), это приведет к кратному увеличению пропускной способности Восточного полигона ЖД и МТК [3-5].

Разработка и экспертиза крупномасштабных проектов МТК. Мегапроект предполагает реализацию крупномасштабных проектов МТК. В свою очередь, формирование МИТС Макрорегиона предполагает цифровизацию разработки и экспертизы этих проектов. Теоретическое обобщение опыта анализа, оценки и разработки инвестиционной программы развития транспортной инфраструктуры Чемпионата мира по футболу в России позволило разработать методологический подход к формированию крупномасштабной инвестиционной программы развития МТК [2]. Практика технологического и ценового аудита, в сочетании с теорией БТС, способствовала формированию методологического подхода к экспертизе крупномасштабных проектов реконструкции БТС (на примере БАМ [2]) и строительства БТС (на примерах ВСМ «Москва-Казань» и крупнейшего ТЛЦ «Белый Раст» [8]). Обобщение этих подходов и накопленного опыта привело к созданию методологии экспертизы и разработки крупномасштабных проектов развития МТК [10].

Разработанные модели и методы теории БТС были использованы для разработки планов развития транспортной инфраструктуры Макрорегиона на период до 2050 года.

Литература

1. *Осипов Г.В., Садовничий В.А., Якунин В.И.* Интегральная евразийская инфраструктурная система как приоритет национального развития страны. - М.: ИСПИ РАН, 2013. – 62с.
2. *Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А.* Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза - СПб: ИТП РАН, 2016. – 216с.
3. *Tsyganov V.* Mechanisms for Managing Large-Scale Transport and Economic Systems / Management of Large-Scale System Development. IEEE, Moscow. 2018.
4. *Tsyganov V.* Optimization of transport monopoly control // IFAC-PapersOnLine. Vol. 51. 2018. – P.698-703.
5. *Tsyganov V.* Large scale multi-agent railway corridors / Proc. of the 15th IFAC Symp. on Large Scale Complex Systems, Delft, Netherlands, May 26-28, 2019.
6. *Malygin I., Komashinsky V., Tsyganov V.* International experience and multimodal intelligent transportation system of Russia / Management of Large-Scale System Development. IEEE, Moscow. 2017.
7. *Enaleev A., Tsyganov V.* Service Support Structure Optimization of a Large-Scale Rail Company // CEUR Workshop Proceedings. Vol. 2098. 2018. – P.396-406.
8. *Цыганов В.В., Савушкин С.А.* Терминально-логистический центр как структура управления транспортной сети // Транспорт: наука, техника, управление, №1. 2017. – С.13-18.
9. *Аветикян М.А., Цыганов В.В., Савушкин С.А.,* Единый каталог услуг Холдинга «РЖД» как ключевой элемент цифровой железной дороги // Железнодорожный транспорт, №8, 2017. – С.13-17.
10. *Enaleev A., Tsyganov V.* Information Selective Processing in the Complex Projects Examination / Proc. of 11th IEEE Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2017). Moscow. 2017. – P.191-195.

МЕТОДЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Шульц В.Л.

Центр исследования проблем безопасности РАН, Россия, г. Москва, ул. Гарибальди, д. 21б
info@spsc-ras.ru,

Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kulba@ipu.ru, abshelkov@gmail.com, ichernov@gmail.com

Аннотация: Изложены результаты анализа основных направлений повышения эффективности управления социально-экономическим развитием Арктической зоны Российской Федерации. Проведен анализ основных особенностей Арктической зоны России как сложного крупномасштабного и пространственно-распределенного объекта управления. Приведена базовая формализованная модель группового управления сложными социально-экономическими системами. Изложены результаты анализа эффективности использования сценарного подхода для оценки результативности группового управления развитием Арктической зоны Российской Федерации.

Ключевые слова: Арктика, социально-экономическое развитие, планирование, управление, контроль.

Введение

В современных условиях значение и роль Арктики в социально-экономическом развитии нашей страны, а также в укреплении обороноспособности России и обеспечении безопасности ее северных границ трудно переоценить. В 2013 г. была утверждена «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», в которой в качестве одного из основных приоритетов выделена необходимость повышения эффективности государственного управления развитием российской Арктической зоны (АЗРФ). Одновременно с этим в упомянутом документе подчеркивается комплексность и сложность стоящих перед страной задач, связанных с освоением Россией АЗРФ в качестве стратегической ресурсной базы страны. Среди ключевых и оказывающих наиболее существенное влияние на социально-экономическое развитие Арктики факторов в Стратегии выделяются: экстремальные природно-климатические условия; очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения северных территорий; низкая плотность населения; удаленность от основных промышленных центров; высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок ресурсов из других регионов России; недостаточный уровень развития транспортной, энергетической, промышленной, сервисной инфраструктуры и т.д.

Сегодня совершенно очевидно, что успешное достижение стратегических целей и приоритетов комплексного устойчивого развития АЗРФ особенно с учетом масштабов и сложности поставленных задач, а также сложной пространственной и административно-управленческой организации диктует необходимость разработки и использования новых и отвечающих современным требованиям методов и механизмов государственного управления [1]. Сказанное, по сути, отражает объективность причин существенного возрастания актуальности задачи создания эффективной системы управления развитием АЗРФ, рассмотрению одного из возможных путей решения которой посвящена настоящая работа.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН №30 «Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации».

1 Анализ проблем повышения эффективности управления развитием Арктической зоны Российской Федерации

Арктическая зона Российской Федерации представляет собой крайне сложный крупномасштабный и пространственно-распределенный объект управления, включающий в свой состав значительное количество экономических субъектов различных форм собственности, а также территориальных образований (по площади северные районы страны занимают около двух третей территории России и в соответствии с Указом Президента России № 296 от 02.05.2014 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» включают 4 субъекта Федерации – Мурманская область, Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Чукотский автономные округа, а также 16 муниципальных образований, в том числе 5 городских округов и 11 муниципальных образований на уровне районов, по своим природно-климатическим особенностям отнесенные к северным).

В 2017 г. была утверждена новая редакция государственной программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2025 года». В рамках данной программы Минэкономразвития РФ сформирован перечень из 147 наиболее значимых для развития российского Севера проектов, реализация которых по некоторым оценкам потребует около 5 трлн. руб., из них 4 трлн. планируется привлечь из внебюджетных источников. В 2016 г. из данного списка были выделены 17 ключевых проектов, требующих приоритетного внимания со стороны государства, при этом большинство этих проектов связаны с развитием транспортной инфраструктуры АЗРФ и в первую очередь – модернизацией Северного морского пути (СМП) [2]. В 2017 г. проблемам реализации данных проектов было посвящено специальное совещание Правительства РФ «О крупных проектах развития транспортной инфраструктуры севера России».

В целом отраслевое распределение приоритетных проектов освоения АЗРФ приведено на рис.1.

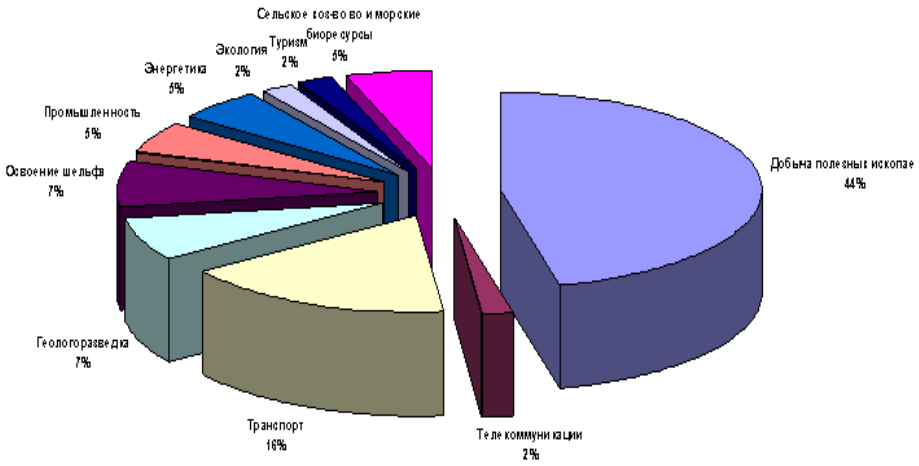


Рис.1. Отраслевое распределение приоритетных проектов освоения АЗРФ

Среди наиболее значимых проектов в рамках программ развития АЗРФ можно выделить модернизацию существующих морских портов СМП (Мурманск, Архангельск и др.) и строительство новых (Сабетта, Индига); развитие и строительство железнодорожных магистралей (Белкомур, Северный широтный ход, Бованенков – Сабетта, Сосногорск – Индига); развитие нефтедобывающих платформ (Приразломная) и ледостойких отгрузочных терминалов (Варандей); строительство высокотехнологичных предприятий по сжижению природного газа; развитие судостроительного и лесопромышленного инновационных кластеров; строительство ледоколов и морских транспортных судов ледового класса; модернизация верфей речного судостроения; строительство и расширение возможностей использования мобильных плавучих атомных теплоэлектростанций (ПАТЭС); освоение континентальных угольных месторождений; создание высокоэллиптической космической гидрометеорологической системы; создание систем навигационно-гидрографического, аварийно-спасательного, коммуникационного и т.д. обеспечения СМП и т.д. [2].

Реализация любого крупномасштабного долгосрочного проекта, а особенно такого, как освоение Арктики, бесспорно имеющего общенациональное значение, связано со значительным числом рисков различной природы, которые необходимо учитывать как на стадии стратегического и программно-целевого планирования, так и оперативного управления на федеральном, региональном, отраслевом и других уровнях. Это, несомненно, существенно усложняет задачи управления реализацией государственной политики России в Арктике.

Основными особенностями процессов управления социально-экономическим развитием АЗРФ являются:

- высокая сложность и практически не имеющая прецедентов масштабность решаемых задач;
- ярко выраженный программно-целевой характер, заключающийся в необходимости скоординированного решения комплекса задач развития АЗРФ в рамках нескольких федеральных и региональных целевых программ и приоритетных национальных проектов;
- ориентация на четко выраженные конечные результаты в виде набора программных показателей, определяемых исходя из целевых нормативов;

- необходимость создания принципиально новых структур управления, носящих межотраслевой и межрегиональный характер и обеспечивающих координацию деятельности значительного количества исполнителей программных мероприятий и экономических субъектов различных форм собственности, направленных на достижение единой цели;
- высокая роль опережающего комплексного анализа хода реализации стратегических проектов освоения АЗРФ, а также прогнозирования ключевых тенденций социально-экономического развития российского Севера и страны в целом;
- необходимость создания эффективных механизмов распределения ресурсов и их функциональной, пространственной и временной интеграции на стратегически важных направлениях социально-экономического развития АЗРФ;
- необходимость сочетания и согласования целей и интересов государства, внутренних и внешних инвесторов, а также экономических субъектов различных форм собственности;
- необходимость согласованного оперативного управления большой группой принципиально различных по своей природе объектов на значительном временном горизонте;
- необходимость принятия комплексных скоординированных во времени и пространстве решений;
- необходимость обеспечения эффективной обратной связи с помощью развитой системы мониторинга (в том числе – экологического);
- необходимость контроля эффективности использования выделенных финансовых и иных видов ресурсов, а также результативности выполнения программных мероприятий в рамках реализации государственной политики Российской Федерации по социально-экономическому развитию АЗРФ.

Сложность и перечисленные выше особенности проблем управления социально-экономическим развитием АЗРФ требуют совершенствования и разработки новых (в том числе – принципиально новых) методов и подходов к их решению.

2 Методы группового управления развитием социально-экономических систем

Одним из подходов к решению поставленных задач оперативного, тактического и стратегического управления развитием крупномасштабных социально-экономических систем (СЭС) является использование методологии *группового управления*. По своей сути основой данной методологии является совместное скоординированное управление группой территориально-распределенных экономических субъектов различного типа, формы собственности и отраслевой принадлежности в процессе достижения системы поставленных целей. Групповое управление предполагает на основе анализа ключевых факторов развития СЭС выработку и организацию исполнения множества согласованных решений по управлению выделенной группой объектов, направленных на достижение заданной системы целей.

В процесс достижения поставленных целей освоения Арктики в силу масштабности рассматриваемых задач вовлекается большое количество экономических субъектов различных форм собственности и отраслевой принадлежности, как принимающих непосредственное участие в мероприятиях государственных или федеральных целевых программ, так и прямо или косвенно работающих по сути на достижение рассматриваемой главной цели на инициативной основе, ориентируясь на проявляемый государством интерес к решению конкретных задач развития АЗРФ и рассчитывая на экономическую востребованность результатов своей работы, в том числе с опорой на рыночные механизмы хозяйствования. К данной работе подключаются и входящие в состав АЗРФ регионы, преследуя цели собственного социально-экономического развития и разрабатывая свои программно-целевые механизмы их достижения на Севере России.

В данной ситуации возникают четыре базовые группы факторов, существенно усложняющих процессы управления развитием АЗРФ на основе традиционных методов и подходов [3].

Во-первых, эффективность использования традиционных подходов к решению задач организационного управления в рассматриваемой предметной области существенно снижается. Причиной данного положения является тот факт, что в настоящее время развитие АЗРФ регулируется большим количеством нормативно-правовых актов федерального уровня, а также регламентируется значительным числом государственных, целевых и инвестиционных программ и проектов, обеспечивающих решение как общих для всех территориальных образований страны проблем и задач, так и предусматривающих реализацию отдельных мероприятий, привязанных как к АЗРФ в целом, так и к находящимся на ее территории субъектам хозяйственно-экономической деятельности [4]. Примечательно, что только в паспорте уже упоминавшейся выше Государственной программы развития АЗРФ содержится 22 смежные программы, реализуемые в Арктической зоне. Более того

упомянутый перечень дополняется целым рядом региональных целевых программ субъектов Федерации, а также крупными арктическими проектами государственных корпораций, акционерных обществ с государственным участием и др. компаний и организаций («Алроса», «Воркутауголь», «Газпром», «ЛУКойл», «НоваТЭК», «Норильский никель», «Объединенная судостроительная корпорация», «Росатом», «Роснефть», НЛМК, РЖД и т.д.).

Во-вторых, при использовании традиционных подходов и методов управления возникает угроза «падения» социально-экономического эффекта от полученных результатов реализации конкретных проектов и задач освоения АЗРФ в силу отсутствия должной координации и рассогласования деятельности соответствующих управляющих подструктур. Например, для решения такой масштабной задачи, как создание высокодоходной международной трансконтинентальной морской транспортной магистрали на базе Северного морского пути требуется как минимум параллельное и, желательно, синхронное решение целого комплекса достаточно ресурсоемких задач: от развития ледокольного флота и модернизации портовой инфраструктуры до создания систем обеспечения безопасности мореплавания и прозрачной системы тарификации ледокольной проводки судов по СМП. Очевидно, что «выпадение» любого из звеньев единой цепочки задач вызовет существенное снижение экономической эффективности эксплуатации СМП в целом.

В-третьих, крайне необходима эффективная координация и унификация соответствующих региональных программ, в настоящее время отражающих в первую очередь цели регионального развития, но при этом имеющих непосредственное отношение к задачам освоения Арктики в целом.

В-четвертых, необходима реализация функций контроля сроков и качества выполнения не только предусмотренных соответствующими федеральными, региональными и отраслевыми программами мероприятий, но и работ, проводимых в рамках соответствующих международных контрактов и договоров.

В сложившейся ситуации очевидно, что ключевой управленческой задачей (на различных уровнях иерархии) становится обеспечение эффективной координации и контроля деятельности большой группы субъектов управления по реализации программных мероприятий в рамках решения задач социально-экономического развития АЗРФ, что по сути является основной функцией группового управления [5,6].

Необходимо отметить, что в рамках программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2025 года» выделена специальная подпрограмма «Координация государственной политики в Арктической зоне Российской Федерации». Однако, организационно-управленческие механизмы реализации данной программы до настоящего времени практически не проработаны и фактически оказались вне поля зрения разработчиков упомянутой программы. Это является наиболее серьезным источником риска («окном» уязвимости) всей программы в целом, поскольку неэффективное управление и контроль могут привести к срыву сроков или невозможности полноценного решения ключевых задач развития АЗРФ.

Методология и механизмы группового управления по своему основному целевому назначению позволяют обеспечить согласованное функционирование и развитие заданного множества различных объектов управления, которые в общем случае самостоятельно на средне- и краткосрочном временном горизонте планируют и осуществляют свои тактические действия в рамках определенных общих долгосрочных целевых установок, а также правил и обязательств, регламентируемых соответствующими целевыми программами, проектами и т.п. Одновременно с этим функционирование и развитие данных объектов управления направлено на достижение общей системы стратегических целей и приоритетов, эффективность достижения которых оценивается с использованием заданного множества критериев эффективности [5,6].

В настоящее время наибольшее развитие и распространение методы группового управления получили в ряде технических систем (например, управление станками и роботами), в логистике, авиации и оборонной отрасли (управление ракетными комплексами, беспилотными летательными аппаратами, дронами) и т.п. Однако в организационном управлении развитием СЭС указанные методы в настоящее время практически не получили распространения в силу этого применяются на практике крайне редко.

Здесь необходимо отметить, что, несмотря на то, что на ранних стадиях развития методология группового управления опиралась в основном на стратегию централизованного иерархического управления с единым центром, то в дальнейшем ее развитие пошло по пути его децентрализации, что позволило эффективно использовать данный метод при решении задач управления развитием крупномасштабных СЭС. В конечном итоге эволюция развития методологии группового управления

привела к росту значения децентрализованного управления (так называемого управления «на местах») с одновременным сохранением за центром общесистемных функций целеполагания, стратегического программно-целевого планирования, ресурсного обеспечения и контроля.

В общем случае в рамках группового управления можно применять различные схемы (механизмы), например, такие, как [5]:

- централизованное управление – воздействие, осуществляемое единственным субъектом управления;
- распределенное управление – воздействие, осуществляемое несколькими субъектами одного или нескольких уровней иерархии;
- периодическое управление – воздействие на группу выделенных объектов с заданной периодичностью во времени;
- сосредоточенное управление – воздействие только на выделенный объект;
- межранговое управление и т.д.

В рамках технологии группового управления могут применяться и различные традиционные методы организационного управления: административно-организационные, экономические, правовые, социально-психологические, методы информационного управления, либо комбинации из перечисленных выше.

Методология группового управления развитием СЭС опирается на использование матричных (мультиматричных) организационных структур, которые оказываются наиболее эффективными в условиях динамичного развития СЭС и изменения внешней среды, а также при широком использовании программно-целевого подхода в управлении.

Как известно, под матричной структурой организационного управления понимают такую структуру, в которой линейно-функциональное управление дополняется управлением по специальным программам и проектам. При этом основным назначением матричных структур является интеграция управления по реализации программ и комплексов проектов с учетом поставленных целей и конкретных условий их достижения. Одновременно с этим для организации контроля эффективности и результативности выполнения программных мероприятий и целевых программ в целом в рамках структур матричного типа могут создаваться специализированные функциональные подструктуры.

К настоящему времени матричные структуры являются наиболее гибкими и универсальными, не требующими существенной перестройки системы управления в ответ на изменяющиеся условия или негативное воздействие внешней среды. В самом общем случае рассматриваемые структуры являются иерархическими с функциональной специализацией по уровням и объектам управления.

Процессы группового управления в рамках данных структур являются по сути комбинированными и сочетают принципы централизованного (вертикального) и децентрализованного (горизонтального) управления. Первый принцип предполагает разработку, планирование и контроль процессов достижения общесистемных целей, а второй – организацию и координацию действий объектов управления в рамках соответствующих их групп, а также адаптацию к особенностям текущей ситуации и местным (региональным) условиям. Структура групп объектов и управление ими определяются общими целями и при изменении последних соответствующим образом изменяются.

Проблема синтеза эффективной структуры группового управления таким масштабным объектом, как АЗРФ, представляет собой отдельную сложнейшую задачу, в рамках которой использование стандартных подходов типа уже рассматривавшихся в 2013-2015 годах Правительством России вариантов создания отдельного федерального министерства по делам Арктики или мультирегионального Арктического федерального округа не принесет желаемого эффекта прежде всего в силу трудности их «встраивания» в существующую систему государственного управления и недостатка полномочий (без преувеличения – на освоение Арктики фактически работает вся страна). Созданная в 2015 г. и функционирующая до настоящее время Государственная комиссия по вопросам развития Арктики при Минэкономразвития РФ является, по сути, в большей степени экспертно-координирующим органом, который, безусловно, необходим, но он не в состоянии играть сколько-нибудь значимую роль в решении стратегических, тактических и оперативных управленческих задач в рассматриваемой предметной области. Видимо, в силу данных причин в феврале 2019 г. Президентом Российской Федерации подписан Указ о передаче Минвостокразвития России функций по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере социально-экономического развития Арктики, а также переименовании его в Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики.

Насколько эффективно будет решать задачи социально-экономического развития АЗРФ наделенное новыми полномочиями министерство покажет время. Однако пока нет уверенности в том, что задача управления реализацией государственной политики России по развитию АЗРФ окажется посильной для, по сути, очередного отраслевого органа управления. Дело здесь в том, что роль Арктики в социально-экономическом развитии России и масштабность требующих решения задач фактически объективно предопределяют необходимость выделения северного мультирегиона в самостоятельный объект государственной политики со всеми вытекающими структурно-организационными изменениями системы государственного планирования, управления и контроля [7]. Представляется, что только такой подход может обеспечить:

- повышение эффективности разработки и реализации национальной арктической политики, включая решение задач обеспечения национальной безопасности, защиту стратегических интересов нашей страны в Арктике;
- комплексное социально-экономическое развитие АЗРФ как крайне необходимой сегодня и особенно на долгосрочную перспективу ресурсной базы;
- необходимую социальную ориентированность стратегических решений по развитию Арктики в рамках инновационной модели развития экономики России в целом;
- гармонизацию интересов всех субъектов национальной арктической политики (государства, институтов гражданского общества, территориальных образований, коренных народов Севера, деловых кругов, внешних инвесторов и партнеров и т.д.);
- преодоление раздробленности Арктической зоны на уровне отраслевого и регионального управления;
- комплексное решение экологических проблем и задач регулирования природопользования.

В настоящее время представляется целесообразным провести детальный анализ результатов деятельности упомянутой Государственной комиссии с целью коренного совершенствования системы управления социально-экономическим развитием АЗРФ, а также оценки необходимости и возможности создания полномочного федерального межотраслевого и межрегионального органа управления развитием АЗРФ с прямым «выходом» на первое лицо государства (например, Совета при Президенте РФ по развитию Арктики, Федерального центра по разработке и реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике, Госкомитета РФ по развитию Арктики и т.п., причем дело здесь не в названии, а в первую очередь – в возложенных функциях и предоставленных полномочиях, а также возможностях эффективно управлять решением стратегических задач развития АЗРФ и реализацией крупномасштабных проектов освоения арктических территорий).

Во-первых, орган управления такого уровня позволит увязать между собой процессы решения задач развития АЗРФ с вопросами обеспечения национальной и экономической безопасности нашей страны в единый комплекс. Это будет вполне оправданным, поскольку роль Арктики в обеспечении обороноспособности нашей страны трудно переоценить. Бесспорным является и существенное возрастание роли Арктики в экономическом развитии России, особенно в долгосрочной перспективе. Одновременно с этим нельзя не отметить, что, как известно, минерально-сырьевые ресурсы континентального шельфа Северного Ледовитого океана представляют собой важную часть национального достояния нашей страны.

Во-вторых, предлагаемый структурный подход обеспечит «выход» проблем развития АЗРФ непосредственно на уровень Президента Российской Федерации. Это в соответствии с реалиями сегодняшнего дня принципиально позволит преодолевать хорошо известные современные проблемы программно-целевого управления государственным развитием [4,8], повысить исполнительскую и финансовую дисциплину, а также эффективность борьбы с некомпетентностью руководства «на местах».

В-третьих, в рамках предлагаемого решения возможно создание интегрированной иерархической структуры, на верхнем уровне которой (административно-функциональная подструктура) основной задачей будет выработка стратегических, системообразующих решений, диагностика и опережающий анализ угроз и рисков реализации арктических проектов, а также выполнение общих функций координации и контроля, а на нижнем уровне (матричная подструктура) – оперативное управление решением задач развития АЗРФ и контроль «на местах» в рамках предоставленных полномочий (рис.2).

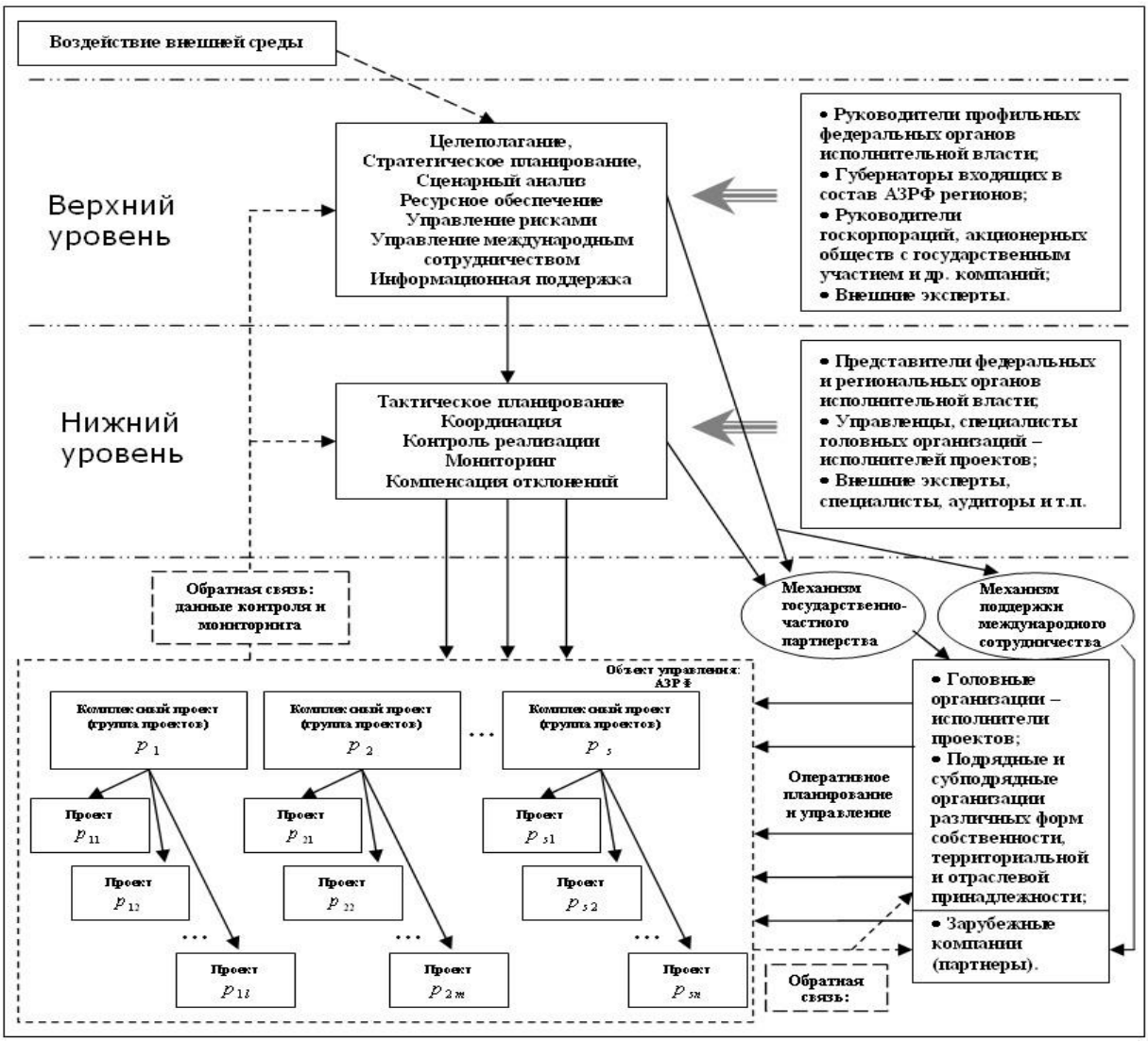


Рис. 2. Принципиальная структурно-функциональная схема группового управления развитием АЗРФ

В состав органа управления верхнего уровня представляется целесообразным включить руководителей профильных министерств, губернаторов входящих в состав АЗРФ регионов и руководителей государственных корпораций, акционерных обществ с государственным участием, крупных частных компаний и др. организаций, реализующих масштабные арктические проекты.

Осуществление функций оперативного управления (нижний уровень) должно базироваться на идеологии проектного подхода (тактическое планирование в рамках заданных целевых установок, управление совокупностями взаимосвязанных работ по реализации проектов, мониторинг и контроль результативности и установленных сроков). Основу управляющих органов на рассматриваемом уровне с учетом специфики конкретных комплексов задач должны составлять управленцы и профильные специалисты в том числе упомянутых выше крупных компаний, ответственных за реализацию конкретных проектов, а также привлеченные внешние эксперты (при необходимости). При этом функции координации выполнения крупных взаимосвязанных проектов (например, таких как «газоконденсатный завод – порт – морские газовозы – обслуживание потребителей», «порт – железная дорога – логистическое обеспечение» и т.п.) должны возлагаться на верхний уровень предлагаемой структуры управления.

При создании новой структуры не лишним будет и еще раз внимательно проанализировать советский опыт управления развитием Арктики, а также решения аналогичных по масштабам задач с учетом современных условий, возможностей и ограничений (электрификация СССР, советская космическая программа, «атомный» проект и т.д.).

Кратко рассмотрим самую общую модель группового управления $M^{\text{гу}}$ социально-экономической системой S. Выделим следующие компоненты модели:

(1) Мгу(S)={S; A; C; z; O; Act, u; p; ξ; Δ, MD(S), Мэф}.

Здесь приняты следующие обозначения: S – изучаемая СЭС или ее сегмент; A – цели управления; C – стратегии управления; ; $z=(x,y)$ – расширенные фазовые переменные системы S (здесь $y \in E^m$ – фазовые переменные системы S, $x \in E^k$ – переменные окружения); $O=\{O(^i),\ i=1,\ldots,nO\}$ – объекты управления; $Act=\{Act(^i),\ i=1,\ldots,nA\}$ – субъекты управления; $u=(u(^i),\ i=1,\ldots,d)$ – управляющие воздействия; $p=(p(^i),\ i=1,\ldots,h)$ – ресурсы управления; ξ – учитываемые виды (модели) неопределенности; $\Delta=[t_н,\ t_к]$ – горизонт управления (планирования); M_D (S) – модель поведения (преобразования состояний) системы S; $M^{эф}=\{f,\ \Delta_F\}$ – модель оценки эффективности управления (здесь f – набор характеристик качества управления); $\Delta_F=[t_0;\ t_e]$ – глубина оценки эффективности управления.

Классифицировать механизмы группового управления можно по различным признакам: типологическим группам объектов управления, допустимому времени принятия решений, критериям согласованности управления, сравнительным характеристикам объектов управления, применяемым методам управления и т.п. В частности, по компонентам приведенного выше кортежа могут быть определены понятия параллельного и последовательного, синхронного и асинхронного, периодического и апериодического, синфазного и других типов группового управления.

В качестве целей управления можно рассматривать значения целевого вектора $a \in E^s$ и выбранного направления $b \in E^p$. Целевой вектор **a** представляет собой желаемый набор ключевых параметров (показателей) состояния СЭС; а его направление b характеризует желаемое направление развития объекта управления.

Приведенное выше формализованное определение группового управления $M^{гу}$ в социально-экономической системе S позволяет перейти к дальнейшему математическому описанию его динамических свойств и является основой для разработки методов решения комплекса прикладных и практических задач повышения его эффективности на основе формируемых на конечном этапе сценариев развития исследуемой системы.

3 Методы сценарного анализа эффективности группового управления

Основной задачей, решение которой осуществляется в процессе группового управления развитием СЭС, является максимизация эффективности достигаемых результатов, которая может оцениваться в широком и узком смысле.

Эффективность группового управления широком смысле представляет собой прежде всего макроэкономическую оценку достигнутого интегрального социально-экономического эффекта.

Эффективность группового управления в узком смысле представляет собой оценку результативности реализации отдельных программных мероприятий, а также эффективности использования выделенных финансовых и иных видов ресурсов для достижения заданного множества целей.

По сути, эффективность группового управления оценивается с помощью двух основных типов критериев [10].

Критерий эффективности первого типа отражает степень достижения цели системой. Если цель задается набором значений выходных параметров, то она отображается точкой в пространстве выходов. Так как между состоянием системы и значениями ее выходных параметров существует взаимосвязь, то целью системы является достижение ею определенного состояния, и критерий эффективности первого типа представляет собой оценку расстояния между текущим положением изображающей точки и точкой цели в пространстве состояний объекта управления.

Критерий второго типа позволяет оценивать и сравнивать различные траектории движения системы к цели, т.е. фактически оценивать, насколько эффективно достигаются поставленные цели.

Отметим, что между критериями этих двух типов имеется диалектическое противоречие. С одной стороны, критерий второго типа по отношению к первому является вторичным, поскольку главным для системы является достижение цели. С другой стороны, он в определенном смысле (и особенно в смысле проектирования и совершенствования организационных структур) важнее критерия первого типа, поскольку сильнее влияет на характер процессов движения к поставленной цели. Достаточно часто используется и компромиссный критерий эффективности, который позволяет одновременно оценивать как параметры пути, так и степень достижения цели системой. Необходимым условием использования компромиссного критерия является возможность измерения эффективности пути и степени достижения цели в одинаковых единицах.

Оценка макроэкономической эффективности группового управления базируется на результатах анализа состояния и прогнозирования развития СЭС. При этом интегральная результативность

группового управления представляет собой прежде всего комплексную оценку достигнутого социально-экономического эффекта. Исходными данными для решения рассматриваемого комплекса задач управления являются статистические показатели развития СЭС, данные финансовой и производственной отчетности исполнителей программных мероприятий, а также оперативная информация о происходящих в системе и во внешней среде событиях и процессах.

Сценарный подход в процессе оценки эффективности группового управления можно рассматривать как инструмент формального анализа альтернативных вариантов развития ситуации в СЭС при заданных целевых и критериальных установках в условиях неопределенности, когда в рамках существующих временных ограничений невозможно непосредственно сформировать конкретный и детальный план проведения мероприятий по реализации группового управления.

В процессе анализа эффективности группового управления целесообразно разграничивать сценарии собственно управления и сценарии поведения его объекта (группы объектов). Первый формируется в зависимости от цели управления и правил выбора управляющих воздействий, в то время как второй ориентирован на цели исследования объекта управления и описывает альтернативные ситуации, в которых этот объект может находиться. Основные различия заключаются в присутствии в сценарии субъекта управления (оперирующей стороны), не только преследующего определенную цель, но и активно ее реализующего. Таким образом, в общем случае процесс подготовки решения в рамках технологии группового управления базируется на анализе некоторого набора сценариев, из которого один выбирается для решения поставленной задачи. Эффективность реализации данной задачи при этом в общем виде характеризуется показателем [9]

(2) $W \Rightarrow \max$.

Все факторы, от которых зависит успех, делятся на три группы: заданные заранее известные факторы α (условия достижения цели или решения задачи; зависящие от субъекта управления элементы решения, образующие в своей совокупности множества решений χ; неизвестные факторы, которые в совокупности обозначим ω.

Показатель эффективности W зависит от всех трех групп факторов:

(3) $W = W(\alpha, \chi, \omega)$.

Так как величина W зависит от неизвестных факторов ω, она уже не может быть вычислена и остается неопределенной. В этом случае исходная задача может быть сформулирована следующим образом: при заданных условиях α с учетом неизвестных факторов ω найти такое решение χ из множества χ^P, которое, по возможности, обеспечивает максимальное значение показателя эффективности W. Данный методологический подход позволяет определить структуру задачи построения сценариев как задачу о представлении некоторого множества альтернатив с помощью его подмножеств и элементов.

Анализ динамики процессов, характеризующих функционирование и развитие такой крупномасштабной мультирегиональной социально-экономической системы как АЗРФ под воздействием возмущений различной природы, представляет собой важное звено формальных процедур для решения особенно стратегических и среднесрочных задач планирования и организационного управления, возникающих при исследовании слабоструктурированных и неструктурированных проблем. Для таких задач характерны низкий уровень точности исходных данных и преимущественно качественный характер описания постулируемых зависимостей. Это обуславливает невысокую эффективность использования традиционных аналитических моделей.

Проведенный анализ существующих средств моделирования показал, что для генерации сценариев развития СЭС в процессе группового управления целесообразно использовать аппарат знаковых графов, который позволяет работать с данными как качественного, так и количественного типа [9]. Математическая модель знаковых, взвешенных знаковых, функциональных знаковых орграфов, т.е. ориентированных графов, является расширением классической графовой модели. Сущность данного расширения заключается в том, что в структуру ориентированного графа включается ряд дополнительных компонентов. В частности, вводится множество параметров вершин, а именно, в соответствие каждой вершине ставится некоторый ее параметр. Вводится также функционал преобразования дуг, т.е. в соответствие каждой дуге ставится либо знак, либо вес, либо функция.

Содержательно параметрами вершин графа являются ключевые показатели (факторы), описывающие состояние и динамику развития ситуации в исследуемой СЭС, а структура графа

отражает причинно-следственные связи между ними. Совокупность значений параметров вершин в графовой модели описывает конкретное состояние исследуемой СЭС в определенный момент времени. Изменение значений параметров вершин графа порождает импульс и интерпретируется как переход исследуемой системы из одного состояния в другое. Управление развитием системы моделируется изменением структуры и подаваемыми импульсами в определенные вершины графа.

В рамках данной методологии с целью сценарной оценки эффективности могут моделироваться различные стратегии группового управления (способы осуществления управляющих воздействий в зависимости от целевых установок, а также характера и динамики изменения текущей ситуации в исследуемой системе).

В течение ряда последних лет коллективом научных сотрудников Центра исследования проблем безопасности РАН и Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН проводился цикл исследований проблем повышения эффективности управления социально-экономическим развитием АЗРФ. В рамках данного цикла основное внимание уделялось как разработке методологии программно-целевого планирования и группового управления, так и методов и технологий сценарного анализа эффективности подготовки, принятия и реализации управленческих решений.

Для решения практических задач сценарного анализа процессов организационного управления на основе математического языка знаковых графов разработан специализированный программный комплекс, осуществляющий информационную поддержку процессов формирования и исследования альтернативных сценариев развития СЭС с целью оценки эффективности процессов группового управления [11,12].

В частности, с использованием упомянутого выше программного комплекса была разработана базовая интегрированная многофакторная модель анализа перспектив и рисков социально-экономического развития АЗРФ (рис. 3) и проведены сценарные исследования ряда прикладных задач управления реализацией различных целевых программ и проектов развития Арктической зоны Российской Федерации в условиях воздействия внешних и внутренних угроз, включающие [13-15]:

- моделирование и анализ эффективности управления информационной поддержкой государственной политики России в Арктике в условиях острого геополитического противоборства;
- сценарный анализ эффективности управления процессами урегулирования конфликтных ситуаций в Арктике (включая анализ информационного противоборства между Россией, США и Канадой, а также Россией и Норвегией);
- разработку комплекса мультиграфовых моделей оценки эффективности группового управления реализацией государственной политики Российской Федерации в Арктике;
- анализ и моделирование процессов управления реализацией социальных программ развития АЗРФ;
- сценарный анализ эффективности программно-целевого подхода к управлению развитием здравоохранения в северных регионах России;
- анализ развития кадрового потенциала АЗРФ;
- оценку стабилизирующей роли процессов поддержки малого предпринимательства в развитии региональных социально-экономических систем АЗРФ и обеспечении самозанятости коренного населения (с учетом высокой степени неоднородности уровня социально-экономического развития северных регионов).

Результаты проведенных исследований подтвердили перспективность дальнейшего развития методологии группового управления и сценарного анализа его эффективности и ее внедрения в практику решения прикладных и практических задач управления социально-экономическим развитием АЗРФ.

В частности, анализ накопленного опыта решения прикладных задач в рассматриваемой предметной области показал, что наибольшая эффективность использования сценарных технологий достигается в процессе подготовки и оценки эффективности стратегических и структурных (системообразующих) решений, направленных на ликвидацию «окон» уязвимости социально-экономической системы страны в целом и Арктической зоны (включая входящие в ее состав административно-территориальные образования и крупные экономические субъекты различных форм собственности).

В процессе решения данного класса задач использование сценарного подхода принципиально позволяет проводить анализ альтернативных вариантов развития СЭС и реализации отдельных целевых программ, а также эффективности используемых методов и технологий в том числе группового управления в условиях неполной информации и высокого уровня неопределенности с возможностью использовать в качестве исходных данные как качественного, так и количественного

типа. Одновременно с этим сценарный подход позволяет с требуемой степенью адекватности описывать процессы управления и контроля реализации целевых программ и крупных социально- и экономически значимых проектов на различных уровнях детализации с учетом динамики и дискретного характера изменения различных параметров и структурных элементов СЭС.

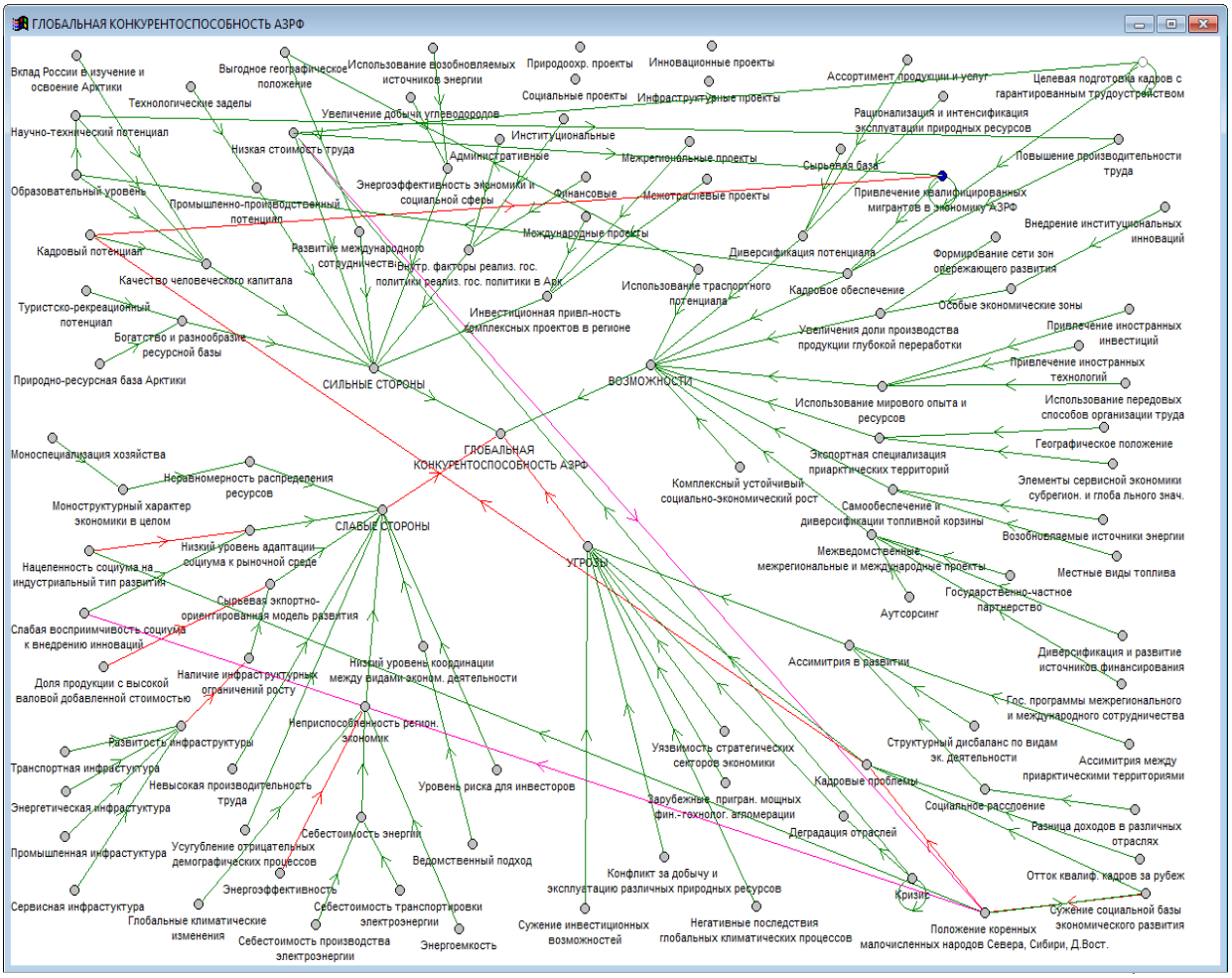


Рис. 3. Структура модели «Анализ перспектив и рисков социально-экономического развития АЗРФ»

При решении тактических задач управления обеспечением социальной стабильности технологии сценарного анализа целесообразно применять в процессе диагностирования и анализа последствий отклонения реальных значений ключевых показателей реализации проектов и программ развития АЗРФ от планируемых. В рамках реализации функций оперативного управления сценарный подход может быть использован для оценки эффективности и результативности реакции системы управления на непредсказуемые отклонения в ходе реализации долгосрочных и среднесрочных планов социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации.

Заключение

Повышение роли и значения Арктики для поступательного социально-экономического развития России на долгосрочную перспективу в последние годы становится все более очевидным. Одновременно с этим процессы достижения стратегических целей освоения АЗРФ и защиты национальных интересов России в Арктике существенно усложняются, что объясняется целым рядом объективных и достаточно очевидных причин. Среди них: рост интенсивности и появление новых форм геополитического противостояния России и стран Запада; неустойчивость мировой экономики; усиление негативного влияния процессов глобализации и санкционного финансово-экономического давления на Российскую Федерацию со стороны ее геополитических противников; обострение противостояния России и НАТО в военно-политической сфере; существенное усиление информационного давления с целью воспрепятствования любыми путями действиям России в АЗРФ (включая публичные обвинения нашей страны в неспособности обеспечить экологическую

безопасность морской и континентальной частей Арктики при крупномасштабной разработке месторождений полезных ископаемых); ограниченность финансовых и иных видов ресурсов и т.д.

В этой ситуации, особенно с учетом масштабности и сложности комплексных проблем освоения Арктики, исключительно актуальной становится задача разработки и внедрения отвечающих современным требованиям методов и механизмов организационного управления, а также создания на их основе эффективной системы управления развитием АЗРФ, способной обеспечивать эффективное и скоординированное управление множеством территориально-распределенных объектов различных форм собственности и отраслевой принадлежности, а также динамично адаптироваться к возникающим изменениям и во многом работать на опережение появляющихся сложных проблем в рамках жестких временных ограничений на выработку стратегических, тактических и оперативных решений.

В рамках развития рассматриваемого методологического подхода необходимо продолжение фундаментальных и прикладных исследований по следующим основным направлениям:

- разработка моделей региональных социально-экономических систем с использованием методов идентификации на базе нечеткой логики;
- разработка аппарата формального описания моделей функционирования и внешнего окружения региональных СЭС;
- Разработка принципов, функций, методов, моделей и механизмов группового управления крупномасштабными мультирегиональными СЭС:
- формализация моделей анализа и выбора элементов сценарных систем;
- разработка методологии формального описания предметных областей сценарного анализа;
- разработка методов и способов формирования элементов сценарных систем и сценарных пространств;
- разработка методов определения характеристик и свойств анализируемых сценариев;
- разработка методов прогнозирования развития ситуаций в региональных СЭС.

Развитие методологии группового управления, сценарного анализа и моделирования, а также создание математического и алгоритмического обеспечения для решения задач управления развитием сложных мультирегиональных социально-экономических систем на базе консолидированной многоаспектной информации и ключевых макроэкономических и технологических показателей их состояния будет способствовать существенному расширению имеющихся знаний об объекте исследования, что должно привести к повышению качества и результативности государственного управления развитием Арктической зоны Российской Федерации.

Литература

1. *Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В.* Диагностика и сценарный анализ угроз социально–экономическому развитию Арктической зоны Российской Федерации / – М.: ИПУ РАН, 2012. – 164 с.
2. *Пономарев В.* Стратегическое партнерство в освоении Арктики // Эксперт, 2016, № 47. – с. 70-73.
3 *Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В.* Анализ эффективности группового управления развитием Арктической зоны Российской Федерации // Труды 25-й Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (Москва, 2017). – М.: Издателький центр РГГУ, 2017. – с. 36-43.
4. *Ивантер В.В., Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н.* Арктический мегапроект в системе государственных интересов и государственного управления // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование, 2014, №6 (38), т.7. – с. 6-24.
5. *Кульба В.В., Кононов Д.А., Чернов И.В., Рощин П.Е., Шулигина О.А.* Сценарное исследование сложных систем: анализ методов группового управления // Управление большими системами. 2010. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». – с. 154-186.
6 *Крапчатова И.Н., Кононов Д.А., Кульба В.В.* Анализ эффективности применения стратегий группового управления социально-экономическими системами // Вестник РГГУ. Серия «Управление». 2012, №10(90). – с. 111-129.
7. *Коновалов А.М.* Государственное стратегическое планирование и управление развитием Арктической зоны РФ // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. № 34 (175) – с. 20-32.
Управление и контроль реализации социально-экономических целевых программ / Под ред.. *В.В. Кульбы* и
8. *С.С.Ковалевского* – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 400 с.
9. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально – экономических систем: в 2-х кн. / Под ред. *В.Л. Шульца* и *В.В. Кульбы*. – М.: Наука, 2012. – Кн. 1 - 304 с., кн. 2 – 358 с.
10. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях. Часть 1. Методологические основы организационного управления / Под ред. *Е.А.Микрина* и *В.В.Кульбы*. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2012. – 464 с.

11. Шульц В.Л., Кульба В.В., Чернов И.В., Шелков А.Б. Комплекс программ автоматизации сценарного анализа процессов управления обеспечением региональной безопасности / Материалы 26-й Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (ПУБСС'2018, Москва). – М.: ИПУ РАН, 2018. – с. 21-27.
12. Чернов И.В. Повышение эффективности управленческих решений на основе использования программно-аналитического комплекса сценарного анализа и прогнозирования // Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право. 2018. № 1 (11). – с. 40-57.
13. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством. – М.: Наука, 2015. – 542 с.
14. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Сценарный анализ в управлении информационной поддержкой процессов урегулирования конфликтных ситуаций в Арктике. – М.: ИПУ РАН, 2011.–110с.
15. Шульц В.Л., Кульба В.В., Чернов И.В., Шелков А.Б. Сценарный анализ угроз процессам управления реализацией государственной политики России в Арктике / Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ-2014, Москва). М.: ИПУ РАН, 2014. – с. 8882-8888.

СЕКЦИЯ 1: ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЯ ТНК, ГОСХОЛДИНГИ И ГОСКОРПОРАЦИИ

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ РЫНОЧНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

Акинфиев В. К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
akinf@ipu.ru

Аннотация: В докладе представлена количественная модель выбора инвестиций в развитие производственных мощностей компаний на конкурентных олигополистических рынках на основе равновесия Нэша, сформулированная как проблема оптимизации. Рассматривается два типа рынка: рынок с эластичным спросом (рынок Курно) и рынок с неэластичным спросом. В первом случае задача формулируется как совокупность взаимосвязанных квадратичных задач оптимизации. Для ее решения предложен метод сведения исходной задачи к решению смешенной задачи дополнительности (МСР). Во втором случае предложен метод решения задачи, основанный на совместном использовании многоагентного имитационного моделирования и анализа матричных игр. Разработана имитационная модель, которая учитывает взаимосвязь между инвестициями компаний (агентов) и динамикой рынка.

Ключевые слова: расширение производства, выбор инвестиций, олигополия.

Введение

Различным аспектам олигополистического поведения посвящено большое количество как зарубежной, так и российской литературы, включая исследование классических моделей (Курно, Бертран и др.). Как правило, в этих работах анализируются рыночные стратегий компаний, которые состоят в выборе либо объема производства (поставок продукции на рынок), либо в выборе цены поставки продукции. В этих работах мощность производства компании считается заданной и выступает в качестве ограничения на выбор объема производства.

Последние годы появились работы, в которых мощность производства также рассматривается в качестве управляемой переменной задачи. При этом приращение мощности производства, необходимое для производства оптимальных объемов предложения продукции на рынок, определяется выбором инвестиционных стратегий компании [1-3]. Исследуемая в работе задача лежит в русле данного научного направления и развивает методы анализа рыночных стратегий компаний в области инвестиционных решений, направленных на повышение их конкурентных преимуществ (увеличение производственных мощностей и сокращения производственных издержек). Новизной рассматриваемой в работе задачи является также учет в модели особенностей рынка с неэластичным спросом, который характерен для добывающих отраслей промышленности.

1 Постановка задачи

Рассматривается локальный рынок, на котором присутствует N компаний ($i = \overline{1,N}$), производящих однородную продукцию. Прогнозный горизонт равен T периодам, $t = \overline{1,T}$. Пусть $D(t)$ – рыночный спрос на продукцию, $P(t)$ – рыночная цена в период t, $S(t)$ - суммарное предложение (объем поставок продукции) со стороны компаний-производителей. В работе рассматривается два типа рынка:

Рынок с эластичным спросом (рынок Курно). Рыночная цена продукции описывается линейной обратной функцией спроса $P(t) = a - b \cdot S(t)$. Где a и b являются константами. В данной модели предполагается, что спрос на продукцию со стороны потребителей $D(t)$ линейно зависит от ее рыночной цены, которая определяется предложением продукции со стороны компаний-производителей $S(t)$.

Рынок с неэластичным спросом. Для данного типа рынка характерно, что спрос на продукцию $D(t)$ в краткосрочной перспективе не зависит от изменения ее рыночной цены и задается в модели экзогенно в виде некоторой наперед заданной функции времени $D(t)$ или набора таких функций (сценариев).

Таким свойством обладают рынки сырьевых товаров (нефти, газа, металлургического угля и др.), которые находятся в начале производственной цепочки создания конечного продукта. При этом рыночная цена, которая формируется, как правило, с использованием биржевых механизмов, зависит в каждый период *t* от баланса спроса и предложения.

В отличие от рынка с эластичным спросом в каждый период времени рыночная цена формируется на основе соотношения спроса на продукцию *D*(*t*) и суммарного предложения со стороны компаний $S(t)$. Тогда:

(1) $$P(t) = P(0)\left(1 + \gamma \frac{D(t) - S(t)}{D(t)}\right)$$

где *P*(0) – цена на начало прогнозного периода; γ – эластичность цены по величине превышения спроса над предложением. Предполагается, что $D(0) = S(0)$. В случае если $D(t) - S(t) \geq 0$ (возникает дефицит предложения на рынке), то рыночная цена растет, в противном случае – избыток предложения и, соответственно, цена падает.

Искомые переменные: $x_i(t)$ – объем поставок (производство) продукции компанией *i*. Тогда суммарный объем поставок на рынок $S(t) = x_i(t) + x_{-i}(t)$, где $x_{-i}(t)$ - суммарный объем поставок другими компаниями. Производственные издержки компании *i* зависят от объем производства и поставок продукции и равны $c_i(t) \cdot x_i(t)$, где $c_i(t)$ - удельные производственные издержки.

Пусть рыночная цена продукции описывается линейной обратной функцией спроса, а именно: $P(t) = a - b \cdot (x_i(t) + x_{-i}(t))$. Где a и b являются константами.

Инвестиционная стратегия: $y_i(t)$ – прирост производственной мощности компании *i* в период t, связанный с инвестициями в расширение производства. Тогда: $I_i(t) = k_i \cdot y_i(t + \tau_i)$ - объем инвестиций в период *t*, необходимый для увеличения мощности производства, где τ_i – временной лаг между периодом инвестирования и периодом прироста мощности производства.

Каждая компания стремиться максимизировать свой суммарный чистый денежный поток за прогнозный период $t = \overline{1,T}$, который равен чистой прибыли, полученной за этот период, за вычетом средств, направленных на инвестиции. Что бы не усложнять формулировку задачи мы не будем учитывать фактор дисконтирования денежного потока. Хотя это легко сделать, добавив в выражение (2) в качестве множителя коэффициент дисконтирования $k_d = \frac{1}{(1+d)^t}$. Где d - заданная ставка дисконтирования. Задача выбора искомых переменных стратегического поведения компании *i* сводится к поиску решения следующей задачи оптимизации:

(2) $$\max_{x_i(t), y_i(t)} \sum_{t=1}^{T} (a - b(t) \cdot (x_i(t) + x_{-i}(t)) \cdot x_i(t) - c_i(t) \cdot x_i(t) - k_i \cdot y_i(t + \tau_i)$$

(3) $$x_i(t) \leq C_i(0) + \sum_{t=1}^{t} y_i(t) \quad \forall t$$

(4) $$y_i(t) \leq y_i^{\max}(t) \quad \forall t$$

(5) $$x_i(t) \geq 0,\ y_i(t) \geq 0 \quad \forall t$$

Где $C_i(0)$ - мощность производства на начало прогнозного периода. Неравенство (3) задает технологическое ограничение на объем поставки (производства) продукции, а неравенство (4) - на прирост мощности производства. Здесь $y_i^{\max}(t)$ - максимально возможный прирост мощности производства в период t. Заметим, что, как правило, $y_i^{\max}(t)$ зависит также и от наличия финансовых ресурсов у компании, которое, в свою очередь, определяется величиной накопленного денежного потока компании к периоду t. При этом должно выполняться следующее условие:

(6) $$y_i(t + \tau) \leq \frac{1}{k_i} \sum_{t=1}^{t} (a - b(t) \cdot (x_i(t) + x_{-i}(t)) \cdot x_i(t) - c_i(t) \cdot x_i(t) - \sum_{t=1}^{t-1} k_i \cdot y_i(t + \tau_i)$$

Выполнение неравенства (6) гарантирует финансовую реализуемость инвестиционной стратегии компании, то есть все необходимые инвестиции для принятой стратегии расширения производства будут профинансированы компанией из накопленных денежных средств.

2 Методы решения

Совместное решение задач (2)-(6) для всех компаний $i = \overline{1, N}$ сводится к выбору искомых переменных $x_i(t)$ и $y_i(t)$, удовлетворяющих некоторым условиям равновесия. Для поиска рыночного равновесия используется концепция равновесия Нэша. Решение называется равновесным, если ни одна из компаний не может увеличить выигрыш (2), изменив свое решение в одностороннем порядке, не вызвав при этом реакцию других игроков. Проблема поиск равновесных точек Нэша в такой постановке сводится к совместному решению совокупности нелинейных задач оптимизации (2)-(6) которая относиться к классу задач математического программирования с равновесными ограничениями (MPEC)) [4].

Задача (2)-(5) для каждого агента i представляет собой квадратичную задачу оптимизации относительно переменных $x_i(t)$ и линейную относительно переменных y_i. Вместо прямого использования целевой функции (2) в данном случае используется метод сведения задачи к смешенной задаче дополнительности (MCP), которая состоит из условий первого порядка для максимизации суммарного денежного потока каждой компании. Любое решение указанной выше задачи оптимизации должно удовлетворять условиям Каруша-Куна-Таккера (ККТ), записанным для каждой переменной. Назовем условия ККТ для переменных $x_i(t)$ краткосрочными, а для переменных y_i долгосрочными. В искомой точке равновесия Нэша все условия ККТ должны выполняться одновременно. В данном случае существование и единственность решения гарантируется благодаря выпуклости целевых функций и ограничений задачи. Таким образом, полученные ККТ-условия необходимы и достаточны для существования решения. Запишем эти условия.

Краткосрочные условия ККТ должны выполняться для всех i,t:

$$0 \le c_i - \left(a - b \cdot (x_i(t) + x_{-i}(t)\right) + \lambda_i(t) \perp x_i(t) \ge 0$$

$$0 \le C_i\,(0) + y_i - x_i(t) \perp \lambda_i(t) \ge 0$$

Долгосрочные условия ККТ должны выполняться для всех i:

$$0 \le k_i - \sum_{t \in T} \lambda_i(t) + \theta_i \perp y_i \ge 0$$

$$0 \le y_i^{\max} - y_i \perp \theta_i \ge 0$$

Где под записью $\perp$ понимается условие дополняющей нежёсткости, которое означает, что, по крайней мере, одно из неравенств в каждой строке условий ККТ должно быть выполнено как равенство, $\lambda_i(t)$ и θ_i являются множителями Лагранжа.

Чтобы решить исходную задачу (2)-(5) необходимо объединить все выписанные условия ККТ в одной MCP. Ее численное решение может быть получено, например, с использованием пакета PATH Solver, входящего в систему моделирования GAMS [5]. Алгоритмы решения задач в PATH Solver основаны на обобщении классического метода Ньютона и его модификациях.

Задача расширения производства для рынка с неэластичным спросом содержит существенные нелинейности, и ее решение не удается свести к методам, рассмотренным выше. Предлагается использовать подход к решению задачи, основанный на методологии многоагентного имитационного моделирования. Модели данного типа позволяют описывать динамику систем посредством имитации поведения ее компонентов - агентов. Агенты взаимодействуют между собой, пользуясь ограниченным набором правил, которые определяют их индивидуальное поведение. Глобальное поведение возникает как результат деятельности многих агентов.

Метод решения задачи сводится к совместному использованию при моделировании моделей поведения агентов и модели рынка (рис 1). Модель агента i представляет собой сочетание модели выбора инвестиционных решений в зависимости от прогноза динамики спроса и предложения на

рынке и производственно-финансовой модели, которая позволяет оценить финансовые результаты тех или иных вариантов его инвестиционных решений.

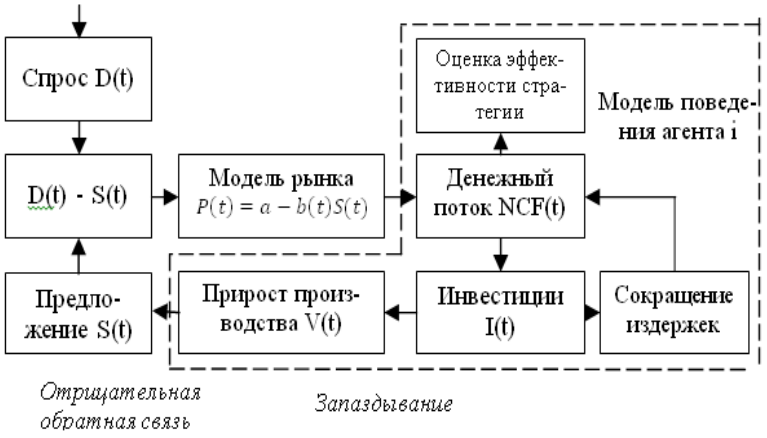


Рис. 1. Схема моделирования

Предложенный подход успешно использован для решения ряда практических задач, в частности, задачи выбора инвестиционных стратегий металлургических компаний на рынке стального проката, а также задачи анализа стратегического поведения нефтяных компаний на глобальном рынке [6-8].

В докладе рассматриваются результаты практического использования предлагаемого подхода для моделирования конкуренции, анализа и выбора инвестиционных стратегий нефтяных компаний с традиционным и нетрадиционным способом добычи нефти. Приведенные расчеты показывают, что во многих случаях существуют решения исследуемой задачи (равновесные точки Нэша) в чистых стратегиях, анализ которых позволяет сделать ряд интересных для практики выводов. В частности, на основе проведенных расчетов на реальных данных нефтяного рынка дан прогноз динамики нефтяных цен на среднесрочную перспективу.

Литература

1.*Gabriel S. A., Conejo, A. J., Fuller, J. D., Hobbs, B. F., Ruiz, C.* Complementarity Modeling in Energy Markets // International Series in Operations Research & Management Science. New York, USA: Springer, 2012. P. 630

2. *Lorenczika ST., Malischek R., Trüby J.* Modeling Strategic Investment Decisions in Spatial Markets // EWI Working Paper. 2014. No 14. P. 20.

3. *Wogrin S., Hobbs B. F., Ralph D., Centeno E., Barquin J.* Open versus closed loop capacity equilibria in electricity markets under perfect and oligopolistic competition // Mathematical Programming. 2013. V. 140 (2). P. 295–322.

4. *Luo Z.Q., Pang J. S., Ralph D.*, Mathematical Programs with Equilibrium Constraints. Cambridge University Press, 1996.

5. *Ferris M., Munson T. S.* Complementarity Problems in GAMS and the PATH Solver // Journal of Economic Dynamics and Control. 2000. V. 24, Issue 2. P. 165–188.

6.*Акинфиев В. К.* Управление развитием интегрированных промышленных компаний: теория и практика. М.: ЛЕНАНД, 2011.

7. *Акинфиев В. К.* Моделирование инвестиционных стратегий компаний в условиях неопределенности // Управление большими системами. 2016. Вып. 61. С.136 – 167.

8. *Акинфиев В. К.* Модель конкуренции между нефтедобывающими компаниями с традиционным и нетрадиционным способом добычи // Управление большими системами. 2017. Вып. 67. С. 52 – 80.

МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМИ ПРОГРАММАМИ

Бирюков Н.С.

Московский физико-технический институт (Государственный университет), Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., д.9

biryukovns@gmail.com

Аннотация: Комплексные программы могут служить эффективным инструментом управления в крупномасштабных системах. Их реализация на практике не задействует весь доступный потенциал. Мы постарались сформулировать характерные недостатки при использовании комплексных программ в крупных компаниях, и предложить методы управления комплексными программами, лишённые этих недостатков.

Ключевые слова: комплексные программы, управление, эффективность, конечный результат.

Введение

Комплексная программа – система увязанных между собой по содержанию, срокам, ресурсам и месту проведения мероприятий, действий, направленных на достижение единой цели, решение общей проблемы. В комплексной программе представлены цели программы, пути и средства решения программной проблемы [1].

Комплексные программы – объект рассмотрения нами, а вообще говоря, инструмент управления в крупных организованных (особенно иерархически) структурах, таких как правительства, государственные корпорации, холдинги и прочие типы предприятий, занимающиеся широкой номенклатурой видов деятельности, а также обладающие несколькими организационными уровнями.

Словосочетание «комплексная программа» встречается часто. Так же часто в ней сокрыт набор мер и мероприятий, охватывающий наибольшее число видов деятельности компании, однако редко устроена связь между мероприятиями различных уровней, и, тем более, различных видов деятельности.

1 Существующая практика

В настоящее время комплексные программы в той или иной мере используются в большинстве предприятий и организаций. Особенно широко они используются в государственных и квазигосударственных структур. Примерами могут служить многочисленные Государственные программы, Федеральные целевые программы, Национальные проекты и Стратегии.

При рассмотрении комплексных программ, среди показателей их оценки часто встречаются такие трудноизмеримые показатели как «эффективность», «надёжность», «безопасность» и др. Показатель эффективности здесь выглядит лишним, однако методы её оценки часто разнятся и оказываются нетривиальными, что делает её важным, но также трудноизмеримым параметром, а не простым отношением результатов к затратам(финансовым).

Т.о. можно сформулировать актуальные проблемы управления комплексными программами:

1) увязка мероприятий по срокам и ресурсам, но не по целям и результатам;
2) управление не всей программой, а отдельными мероприятиями и исполнителями;
3) наличие трудноизмеримых параметров;
4) низкая итоговая эффективность.

Не имея цели критиковать систему государственного управления, мы обратимся к непосредственным исполнителям этих программ: крупным корпорациям. Целью применения комплексных программ, в этих рамках, является развитие (в широком смысле). Если речь идёт о частных компаниях, то их первоочередная цель – максимизация прибыли. Этого добиваются, обычно, путём экстенсивного и интенсивного роста, снижения расходов и повышения производительности труда и т.д. Значит, комплексная программа должна быть ориентирована на соответствующую цель.

На сегодняшний день, большая часть государственных и негосударственных российских компаний устроены по иерархическому принципу. В их управляющих органах (советах директоров), как правило, существуют комитеты по развитию и/или соответствующие должности. Часто встречаются эпитеты «инновационное» и «устойчивое» развитие. Проведя анализ на большом числе компаний, мы увидели, что почти в 100% случаев речь идёт о внедрении технических новшеств, приводящих, например, к повышению экологичности компании, что слабо связано с описанной выше целью. Стоит, однако, сделать поправку на то, что данные брались из открытых источников, и непосредственные меры, ведущие к повышению прибыли могут быть сокрыты, как коммерческая тайна. Тем не менее, в рамках проведения семинаров по повышению квалификации, или при

разработке антикризисных мер, т.е. тет-а-тет, выяснялось, что практически во всех случаях информация из открытых источников исчерпывающе соответствовала действительности.

2 Пример проектно-строительной организации

Сфера деятельности проектно-строительные работы высокой сложности: от развязок автомобильных дорог до шахт и плотин. Компания Б – группа компаний, часть дочерних компаний которой исчезли, часть распродаётся или начнёт распродаваться в ближайшее время. УК группы компаний находится на начальном этапе банкротства – в стадии наблюдения [2]. Величина задолженности перед кредиторами по группе компаний достигла объёма годовой выручки в докризисный (2014г.) период. Основным кредитором является Федеральная налоговая служба, инициировавшая процесс банкротства, имеются также зарубежные кредиторы.

Импульсом, толкнувшим Группу компаний в состояние кризиса стало накопление дебиторской задолженности, приведшее к невозможности выполнить некоторые кредитные обязательства и к остановке работы вследствие нехватки оборотных средств. Однако, случившееся стало закономерным следствием того обстоятельства, что Управляющая компания неудовлетворительно выполняет свои основные функции:

- управление производственной деятельностью удовлетворительно (есть отдел), необходимо его совершенствование;
- стратегическое планирование, как и документ Стратегия, отсутствует;
- среднесрочное (на 3 года и на год) управление изменениями (развитием), особенно в части инноваций и управления антикризисной программой отсутствует;
- финансовое планирование неудовлетворительно;
- планирование горизонтальных и вертикальных финансовых потоков отсутствует;
- отсутствует управление капитализацией и рисками, следствие – цена Компании (величина капитализации) от ориентировочной оценки в 400 млн. долл. в 2014г упала по предварительной экспресс - оценке примерно до нулевого уровня в 2017г.

Тогда как при наличии управления финансовыми потоками (с прогнозированием кассовых разрывов), капитализацией (с возможностью взятия заёмных средств под часть стоимости Компании или с продажей небольшой доли капитализации) и с анализом и страхованием рисков работы с банком попадания в зону банкротства не произошло бы.

Руководством компании было принято решение о разработке комплексной программы для выхода из кризиса и последующего устойчивого роста.

У компании Б есть заключённые договоры на выполнение работ, а также очередь потенциальных заказов, но нет оборотных средств для начала работ. В соответствии с законом «О несостоятельности» возможны следующие варианты развития событий.

А. Варианты, способные привести к выгодному для всех сторон восстановлению докризисного уровня:

а1) мировое соглашение с кредиторами, тогда процесс банкротства прекращается;

а2) финансовое оздоровление, тогда действующее руководство компании Б в формате комплексного плана реализует предложенный им план финансового оздоровления с принятым собранием кредиторов жёстким графиком полного погашения задолженности не более, чем за 2 года;

а3) внешнее управление, тогда действующее руководство заменяется на внешнего управляющего, который реализует предложенный компанией Б и комитетом кредиторов план внешнего управления с менее жёстким графиком погашения реструктурированной задолженности. Далее основное внимание в Плане уделяется вариантам а1и а2.

Б. Вариант конкурсного производства, приводящий к распродаже для обеспечения возврата кредиторам хотя бы части (в лучшем случае 20- 25%) конкурсным управляющим производственных и других активов, исключает возможность восстановления компании Б и полное погашение задолженностей кредиторам.

Применение технологии работы с финансовыми потоками [3] позволило выявить, что типовой (нормативный) договор на выполнение работ компанией Б содержит схему оплаты, приводящую к появлению кассовых разрывов даже во время выполнения проекта. Здесь лишь перечислим первоочередные проекты, которые необходимо реализовать для достижения в течение 2-х лет объёма выручки докризисного уровня:

1.Неотложные юридические и организационные шаги по благоприятному выходу из дела о банкротстве. Обосновывающие документы.

2. Повышение эффективности реализации производственных проектов по выполнению заказов.

3. Первоочередные меры по повышению эффективности управления.
4. Привлечение инвестиций и их эффективное использование.
5. Кадровое обеспечение.

Реализация программы в соответствии с предложенной схемой позволяет одновременно реализовывать меры по повышению финансового результата предприятия с постепенным вовлечением в работу персонала на начальном этапе, а также, гарантирует отсутствие «кадрового голода» при переходе предприятия в стадию активного инновационного роста. То есть незамедлительно начинается рост финансовых показателей с вовлечением в этот процесс сотрудников самого предприятия с последующим расширением их компетенций для возможности самостоятельной проработки проектов, в том числе на предмет их финансовой реализуемости.

Конкретные мероприятия предложенные в рамках реализации комплексной антикризисной программы:

1) на уровне УК:
   a. предложение кредиторам по реструктуризации и возврату долга;
   b. изменение условий работы с заказчиками;
   c. изменение типовой схемы реализации проекта;
2) на уровне «региональных» филиалов:
   a. оптимизация логистики;
   b. перераспределение использования трудовых ресурсов в ходе выполнения заказа;
3) на уровне непосредственных исполнителей (вахты):
   a. мотивация на конечный финансовый результат.

Результаты реализации комплексной программы представлены на рисунке 1 Необходимо отметить, что полученные результаты достигнуты беззатратным методом, а только лишь за счёт управленческих мер, в том числе, за счёт их перекрёстного финансирования.

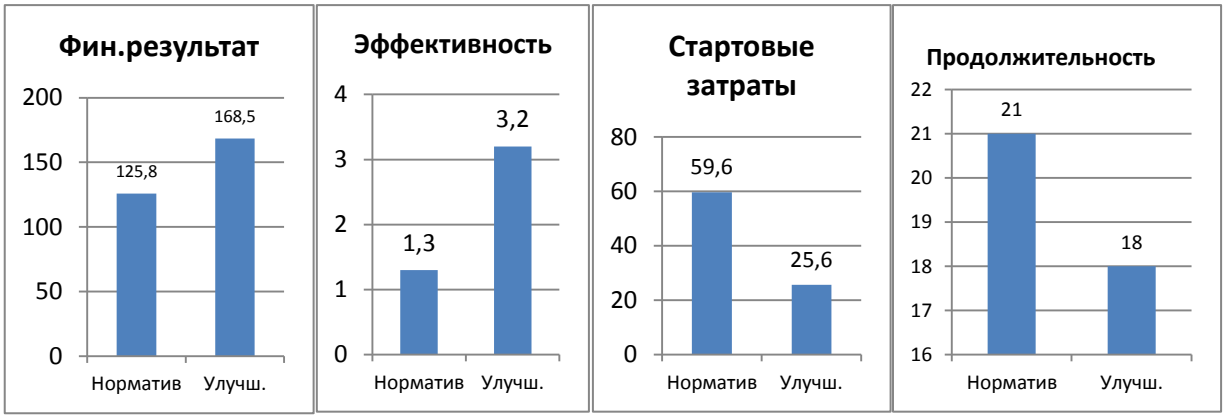


Рис.1.Результаты повышения эффективности комплексной антикризисной программы. «Норматив» - программа предлагаемая руководством; «Улучш.» - та же программа с использованием управленческих новшеств.

Заключение

Комплексные программы - эффективный инструмент программно-целевого управления. Однако, для достижения наибольшей эффективности его использование требует не только увязки всех мероприятий по целям, но также взаимный учёт и использование их результатов. Рассмотрен пример реализации комплексной антикризисной программы на примере проектно-строительной организации, в рамках которой беззатратные меры, такие как мотивация исполнителей и оптимизация договора, существенно повышает прибыльность выполняемых проектов.

Литература

1.Экономика и право: словарь-справочник. – М.: Вуз и школа. 2004
2.ФЗ №127 «О несостоятельности» от 18 июня 2017 года.
3.*Никитин А.А., Ириков В.А., Христюк А.А.* Разработка и реализация стратегии инновационного развития машиностроительного предприятия с использованием бюджетирования, ориентированного на результат. Москва, МИЭЭ. 2008.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА МИРОВОМ РЫНКЕ СТАЛИ В СОВРЕМЕННОМ ПЕРИОДЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РЕЦЕССИИ

Богданов С.В.

ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,
г. Москва, Рязанский пр. д.99,
bsv-29@yandex.ru

Аннотация: выполнен анализ устойчивого развития крупномасштабных производственных систем, прогнозирования кризисных явлений в современном периоде экономической рецессии и произведена концентрационная оценка региональных сегментов мирового стального рынка. Результаты использованы для разработки предложений по развитию отношений между контрагентами внешнеторговых экспортно-импортными операций.

Ключевые слова: мировой рынок стали, прогнозирование, кризисные явления, рецессия.

Мировой финансовый кризис, произошедший в 2009 г., негативно отразился на развитии промышленного сектора экономики в мире. Начавшиеся в США кризисные процессы по масштабам и последствиям специалисты сравнивают с результатами Великой депрессии 1930-х гг. [1]. Однако эти негативные мировые явления в XXI веке незначительно отразились на общей повышательной тенденции развития сталеплавильного производства (рис. 1), как основе многих направлений современной индустрии.

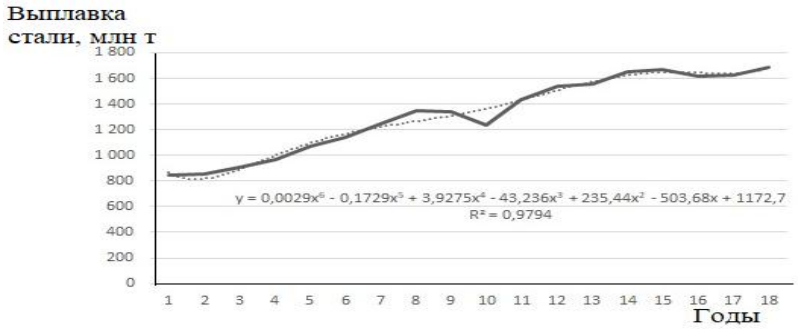


Рис. 1. Изменение мирового производства жидкой стали в XXI веке (исходная точка соответствует 2000 г.)

Тенденция непрерывного увеличения указанных объемов выплавляемой стали иллюстрируется линейным уравнением $V_{Мир}$ = 803,22 + 54,38 t (млн т), которое характеризует устойчивое развитие мирового сталеплавильного производства. Однако эта тенденция не может продолжаться до бесконечности. В соответствии с теорией устойчивого развития крупномасштабных производственных систем, подчиняющихся экспоненциальному росту их количественных показателей, в определенный момент времени могут возникнуть условия, при которых наступит своеобразный коллапс, несмотря на положительную динамику непрерывного увеличения параметров, характеризующих состояние систем [2]. Используя простейшую двухкомпонентную динамическую модель развития, можно рассчитать время наступления глобального кризиса, который будет характеризовать разрушение сложившейся функционирующей системы. Если функцией $V_{(t)}$ обозначить объем производства стали, а $N_{(t)}$ – информацию о количестве участников рынка, то в соответствии с рекомендациями [3] процесс эволюции во времени описывается следующими дифференциальными уравнениями

$$(1)\ \begin{cases} \dfrac{dV}{dt} = k_1 VN \\ \dfrac{dN}{dt} = k_2 VN, \end{cases}$$

при начальных условиях: $V=V_0$ – объем выплавки стали, млн т; $N=N_0$ – численность населения в мире, млн чел.; $t=t_0$ – время, годы, за начало отсчета принят 2000 г.

По результату интегрирования системы уравнений (1) при условиях непрерывного экспоненциального роста функций $V(t) = V_0 \exp[k_1 N_0 (t - t_0)]$ и $N(t) = N_0 \exp[k_1 V_0 (t - t_0)]$ можно

оценить время наступления глобального кризиса (tkp), которое характеризует прекращение устойчивого экспоненциального роста показателей производства

$$(2)\quad t_{кр} = t_0 + \frac{\ln \frac{k_2 V_0}{k_1 N_0}}{k_2 V_0 - k_1 N_0}$$

Используя сведения из справочника [4], получаем результаты расчетов времени возможного удвоения объема выплавки стали (t_V≈15 лет) и удвоения числа участников рынка (t_N≈74 года). (Соответствующие уравнения трендов имеют следующий вид: V=803,22+54,38t (млн т), N=6149,06+83,09t (млн чел.); k_2V_0= ln2/15=0,0462 г.$^{-1}$, k_1N_0=ln2/74=0,0093 г$^{-1}$). После подстановки в уравнение (2) время наступления кризиса составило $t_{кр}$- t_0≈ 43,4 года, то есть прогнозируемый кризис в мировом сталелитейном производстве возможен в 2043-2044 гг. Указанные оценки носят вероятностный характер и основаны на предположении о том, что в течение этого времени не будет кардинальных изменений в технико-технологическом развитии традиционного сталеплавильного производства. По этим расчетам с 95%-ной вероятностью к 2025 г. мировое производство стали может достигнуть 2 млрд т. Это обстоятельство позволяет сделать вывод о целесообразности развития и управления внешнеторговыми экспортно-импортными операциями металлургических транснациональных холдингов на международном рынке стальной металлопродукции так называемого первого передела (слитками, литьем, полуфабрикатами) наряду с традиционной продукцией с высокой добавленной стоимостью (прокатом, трубами, метизами и проч.).

В настоящем периоде экономической рецессии после кризиса 2009 г. (слева направо по годам) состояние мирового рынка жидкой стали (рис. 2) зависело, в основном, от тенденций изменения ситуации на азиатском рынке

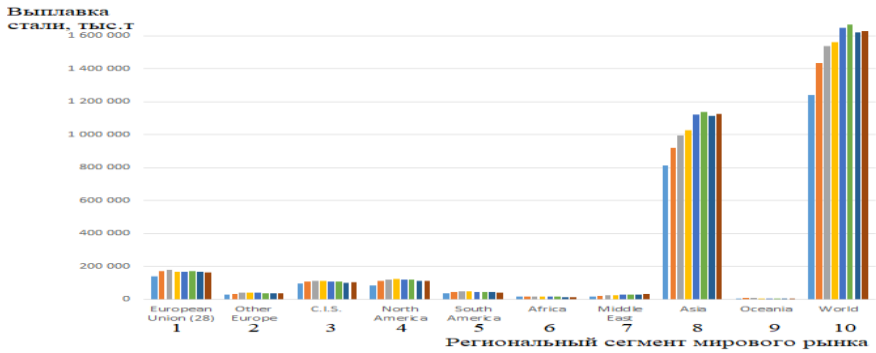
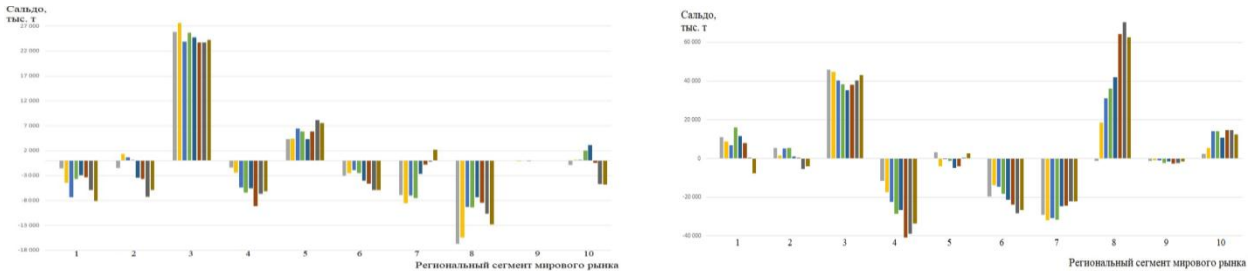


Рис. 2. Состояние производства жидкой стали на мировом стальном рынке в 2009-2016 гг.

При 70%-ной доле конвертерной, почти 30%-ной доле электростали и исчезающее малой доле мартеновской стали от общих объемов ее производства в мире [5] изменение показателя сальдо экспорта и импорта на мировом стальном рынке продукции первого передела отличалось положительными значениями только лишь на рынках СГН и Южной Америки (рис. 3*а*). На мировом рынке высокая волатильность этого показателя характеризовала неустойчивое состояние бизнес-деятельности при проведении коммерческих сделок, а отрицательные значения показателей прочих региональных рынков свидетельствовали о высокой востребованности литой стальной продукции для ее последующего передела.

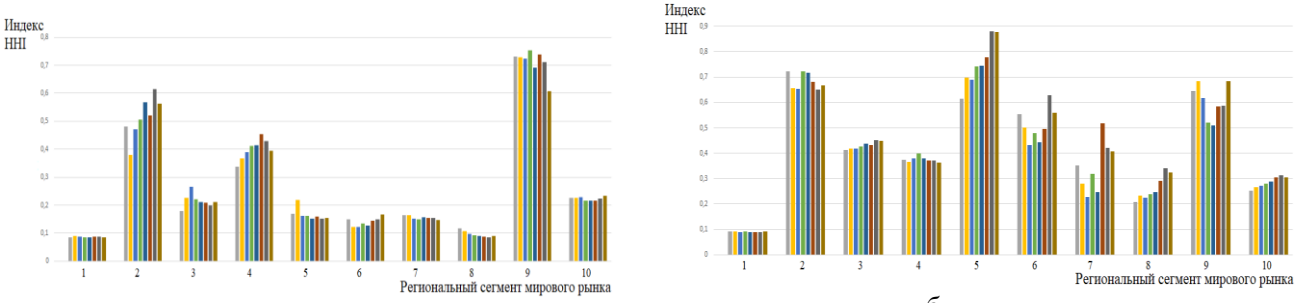
Значения аналогичных показателей сальдо для внешнеторговых операций по общей стальной продукции, реализованной на мировом рынке, отличается от показателей первого передела (рис. 3*б*). Безусловное лидерство азиатского рынка и рынка СНГ в экспортной торговой политике в конечном итоге определяет стабильное положительное сальдо в торговле сталью на мировом уровне.



а *б*

Рис. 3. Сальдо экспортно-импортых операций на региональных сегментах мирового рынка стали в 2009-2016 гг.: а – продукция первого передела; б – общая металлопродукция

Оценка на мировом и региональных рынках концентрации продавцов продукции первого передела по величине индекса Херфиндаля-Хиршмана (HHI = $\sum Y_i^2$, i = 1, 2,…, n) показала, что европейский рынок является наиболее близким к состоянию совершенной конкуренции, чем все прочие сегменты мирового рынка (рис. 4), поскольку он отличается самим низким значением этого индекса.



а *б*

Рис. 4. Изменение индекса Херфиндаля-Хиршмана на экспортных региональных рынках мира стальной продукции первого передела в 2009-2016 гг.: а – продукция первого передела; б – общая металлопродукция

В данном случае продавцы могли оперативно реагировать на перераспределение своих долей на соответствующем рынке. Мировой рынок, в целом, характеризовался показателем, близким к среднему значению индекса Херфиндаля-Хиршмана, в то время как прочие мировые региональные рынки отличались высокой степенью концентрации участников рынка (HHI>0,4). Для других региональных сегментов мирового рынка характерна высокая степень концентрации, однако доля продавцов на них существенно различается. На южно-американском рынке (рис. 4*а, б*, позиция 5) значения показателей, характеризующих среднюю и наибольшую концентрацию продавцов, указывали на довольно высокую степень монополизации торговли стальной продукцией на этом рынке. В то же время рынок СНГ оставался стабильно концентрированным для рассматриваемых видов металлопродукции. Низко концентрированные сегменты рынка стран ЕС-28 (рис. 4, поз. 1) и азиатский рынок стальной продукции первого передела (рис. 4*а*, поз. 8) с долей продавцов до 45% (HHI<0,1) могли бы быть привлекательными для адресной реализации продукции. Однако значительное расширение масштабной рыночной деятельности на этих площадках, насыщенных производителями металлопродукции, вряд ли будет перспективной в будущем при продолжении экономической рецессии. На общемировом рынке стальной продукции ситуация оставалась стабильной и характеризовалась достаточно высокой рыночной концентрацией (0,2<HHI<0,3), что свидетельствовало об относительной устойчивости этого рынка и отсутствии совершенной конкуренции между его участниками. Таким образом, анализ показателей, отражающих различную степень концентрации продавцов на рынке, позволяет разрабатывать конструктивные предложения по стратегии развития между контрагентами рыночных отношений на мировом рынке стальной продукции.

Литература

1. Холодков Н. Глобальный финансово-экономический кризис // Свободная Мысль.
2. http://svom.info/entry/311-globalnyj-finansovo-ekonomicheskij-krizis/

3. *Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л. и др*. Пределы роста / Пер. с англ. М.: МГУ, 1991. 208 с.
4. *Герман А.С.* Антиглобалистский манифест //Академия Тринитаризма. 06.10. 2006.Эл №77-6567. Публ. 13857. 29 с.
5. Steel Statistical Yearbook 2017 World Steel Association: worldsteel Committee on Economic Studies. Brussels, 2017. 123 с.
6. *Богданов С.В.* Оценка перспективы развития сталеплавильного производства в современном периоде рецессии мировой экономики.//Электрометаллургия. № 10. 2018. С. 31-37.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕНОВЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРАТЕГИЙ ОБНОВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА БАЗЕ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНТНОГО РЫНКА[33]

Веселов Ф.В.[а)], Ерохина И.В.[а)], Никулина Е.А.[б)]

[а)]Институт энергетических исследований Российской академии наук,
г. Москва, ул. Нагорная, д. 31, корп. 2
[б)] SKM Market Predictor AS , Norway
erifedor@mail.ru , info@eriras.ru

Аннотация: Предложен методический подход к прогнозу ценовых последствий обновления тепловых электростанций на базе энергоэффективных и низкоуглеродных технологий. Рассмотрены проблемы и результаты моделирования долгосрочных изменений на спотовом рынке электроэнергии под влиянием новых технологий на профиль кривой предложения и величину маржинальных затрат.

Ключевые слова: электроэнергетика, низкоуглеродные технологии, спотовый рынок, кривая предложения, моделирование.

Интенсивный переход к технологиям производства электроэнергии с более низкими (низкоуглеродные) или нулевыми (неуглеродные) выбросами CO_2 в последнее десятилетие стал общемировым технологическим направлением развития электроэнергетики. В то же время, эти изменения стали новым вызовом для конкурентных спотовых рынков электроэнергии: из-за более низких или даже нулевых переменных (топливных) затрат новых технологий серьезно меняется профиль кривой предложения, смещается точка рыночного равновесия, что в долгосрочном плане приводит к заметному сдерживанию роста или даже снижению цен электроэнергии. Эти эффекты особенно заметны в энергосистемах, где осуществляется энергетический переход на базе неуглеродных технологий возобновляемых источников энергии (ВИЭ) таких как Германия и Дания [1].

В России программы поддержки ВИЭ реализуются в ограниченном масштабе. Основной акцент в стратегии развития отрасли сделан на технологическое обновление около 60 ГВт тепловых электростанций, работающих на газе (газовых ТЭС) и достигающих предельных сроков эксплуатации в ближайшие 10-20 лет. Исходя из приоритетов Энергетической стратегии по повышению энергоэффективности и экологичности энергетики [2], традиционные паросиловые блоки на газовых ТЭС должны замещаться новыми, низкоуглеродными технологиями, прежде всего - парогазовыми (ПГУ), обеспечивающими снижение удельного расхода топлива до 1,5 раз. Интенсивно будут расти и мощности распределенных когенерационных установок на базе газовых турбин (ГТУ) и газопоршневых двигателей (ГПА) [3]. Внедрение таких энергоэффективных технологий позволит снизить и выбросы углерода пропорционально снижению удельных расходов топлива.

С точки зрения управления развитием электроэнергетики, как крупномасштабной производственно-хозяйственной системы, задача массового и интенсивного обновления действующих электростанций в рыночной среде потребует совершенствования конкурентных механизмов ценообразования на мощность, которые обеспечили бы окупаемость инвестиций в новые низкоуглеродные технологии тепловой энергетики. С другой стороны, при этом принципиально важно обеспечить минимизацию (а лучше – снижение) общей ценовой нагрузки на потребителей.

Основной эффект для потребителей может быть получен на спотовом рынке электроэнергии (РСВ), что подтверждается результатами реализации в течение последних 10 лет по вводу 28 ГВт мощностей на базе ПГУ и ГТУ, в том числе 19 ГВт в рамках договоров на поставку мощности (ДПМ). В результате доля новых, энергоэффективных и низкоуглеродных технологий газовых ТЭС в

[33] *Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ (проект № 17-79-20354)*

суммарном производстве электроэнергии в Европейской части ЕЭС выросла с 4 до 20 %. Как показывают данные НП «Совет рынка», это (вместе с увеличением доли в балансе атомных электростанций) позволило за счет изменения профиля кривой предложения заметно сдержать рост спотовой цены электроэнергии по сравнению с ростом цены газа. При росте цены газа Европейской части ЕЭС в 1,46 раз среднегодовая цена РСВ выросла всего в 1,21 раза, существенно отставая от инфляции (ее накопленный рост составил 1,54 раза).

Объемы потенциального обновления действующих газовых ТЭС кратно (в 3-4 раза) больше вводов по программе ДПМ. Соответственно, более ощутимыми должны быть и эффекты для потребителей от более низкой цены электроэнергии на конкурентном рынке (РСВ). Данная задача требует многовариантного модельного исследования, которое было выполнено с использованием комбинации двух линейных оптимизационных моделей:

- модели развития электроэнергетики (EPOS), обеспечивающей оптимизацию структуры генерирующих мощностей на горизонте 20-25 лет с учетом системы прогнозных условий (ограничений) по балансам электроэнергии, мощности, централизованного тепла, исходя из критерия минимума суммарных дисконтированных капитальных и операционных затрат [4];
- модели внутригодовой оптимизации загрузки электростанций и формирования спотовых цен электроэнергии (EMPS), имитирующих процесс коммерческой диспетчеризации генерирующих мощностей с учетом суточной и сезонной неравномерности спроса, исходя из критерия минимизации переменных (топливных) затрат [5, 6]. Модельные расчеты были выполнены в рамках общего проекта с компанией SKM Market Predictor AS

Исследование охватывало несколько вариантов перспективной структуры генерирующих мощностей, с различными масштабами замены паросиловых блоков на газовых ТЭС низкоуглеродными ПГУ и ГТУ на горизонте следующих 20 лет: от 0 до 60 ГВт, т.е. около 25 % установленной мощности в ЕЭС России. В качестве пессимистического был рассмотрен вариант отсутствия перехода на новые технологии в теплоэнергетике, с массовой реконструкцией действующих ТЭС при сохранении прежней технологии производства электроэнергии и без существенного снижения удельного расхода топлива (а значит, и выбросов CO_2). В качестве базового был рассмотрен вариант полной замены всего выбывающего оборудования газовых ТЭС низкоуглеродными технологиями (ПГУ, ГТУ, ГПА).

Для каждого из вариантов по результатам оптимизации загрузки электростанций на основе двойственных оценок балансовых уравнений были определены конкурентные цены электроэнергии, отражающие маржинальные (предельные) затраты на обеспечение дополнительной единицы спроса. Анализ динамики агрегированных показателей среднегодовых спотовых цен электроэнергии позволяет сделать ряд выводов о масштабах и неоднородности ценового эффекта для потребителей:

1). Интенсивное замещение действующих мощностей новыми технологиями на газовых ТЭС вместе с выводом избыточных (наименее эффективных) мощностей из эксплуатации потенциально окажет сильное понижающее влияние на спотовую цену электроэнергии. На горизонте 2025 г. в объединенных энергосистемах (ОЭС) Европейской части ЕЭС она может снизиться на 10-15 % против отчетного значения. Этого снижения в большинстве энергозон будет достаточно, чтобы еще несколько лет удерживать цену ниже отчетного уровня, несмотря на рост цены газа, что, несомненно, является значимым эффектом для потребителей. В базовом варианте в 2035 году ОЭС Урала рост спотовой цены к отчетному значению составит 4% а в ОЭС Центра – останется ниже на 5.5%.

2). Относительный ценовой эффект (в сравнении с пессимистическим вариантом) зависит от доли действующих газовых ТЭС в структуре генерирующих мощностей энергозон в Европейской части ЕЭС. В пессимистическом варианте при проведении реконструкции ТЭС без перехода на новые технологии спотовая цена вырастет относительно отчетной на 25-45 %. Наибольший относительный эффект (разность между относительными уровнями цен базового и пессимистического вариантов) будет максимальным для потребителей с наибольшей долей газовых ТЭС: в зонах Волги, Центра и Запада и достигнет 42-49 % на конец прогнозного периода. В зонах с наличием угольных ТЭС (Урал, Кубань), также влияющих на профиль кривой предложения на спотовом рынке, этот эффект будет ниже, но все равно оценивается в 19-24 %. В зоне Западной Сибири рассматриваемый ценовой эффект практически отсутствует, из-за высокой доли угольных электростанций и крайне малых объемах замещаемых газомазутых ТЭС (варианты замены угольных электростанций газовыми технологиями не включались в модельный анализ)

3). Увеличение масштабов новых, низкоуглеродных технологий газовых ТЭС будет сопровождаться слегка нелинейным снижением цены электроэнергии, исходя из особенностей структуры генерирующих мощностей по энергозонам Европейской части ЕЭС и соответствующего

профиля кривой предложения электроэнергии на спотовом рынке. Лишь немногим менее точная оценка по линейному тренду (R^2=0,93) позволила определить интегральную приростную характеристику для ценового эффекта на спотовом рынке: снижение цены электроэнергии составит 1,4 % в энергозоне Урала и 3,3 % в энергозоне Центра на каждый 1 ГВт дополнительной мощности ПГУ, замещающей паросиловые газовые ТЭС.

В целом, проведенные детальные многовариантные модельные расчеты подтвердили ранее высказывавшиеся качественные суждения о влиянии масштабов обновления на цену электроэнергии и позволили количественно оценить эти эффекты для разных энергозон ЕЭС России. Таким образом, переход к новым технологиям в теплоэнергетике, более энергоэффективным и низкоуглеродным, будет сопровождаться положительными эффектами для потребителей электроэнергии (особенно в случае введения дополнительной нормированной или рыночно формируемой платы за эмиссию углерода). Однако в рамках государственной ценовой политики должна быть решена задача создания такой системы поддержки инвестиций в новые технологии при обновлении ТЭС, чтобы растущие объемы оплаты мощности не перекрыли весь положительный эффект на спотовом рынке [7].

Литература

1. *Веселов Ф.В., Хоршев А.А., Ерохина И.В., Аликин Р.О.* Экономические вызовы для угольной генерации в России и мире // Электрические станции. 2019. №3. С. 2-8.
2. *Макаров А.А., Веселов Ф.В., Макарова А.С., Новикова Т.В., Панкрушина Т.Г.* Стратегические перспективы электроэнергетики России // Теплоэнергетика. 2017. №11. С. 40-52.
3. *Филиппов С.П., Дильман М.Д.* Перспективы использования когенерационных установок при реконструкции котельных. // Промышленная энергетика. 2014. № 4. С. 7-11.
4. *Макаров А.А., Веселов Ф.В., Макарова А.С., Хоршев А.А.* Использование оптимизационного инструментария в задачах долгосрочного развития топливно-энергетического комплекса и энергетических рынков. // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012). Труды Шестой международной конференции (ежегодный сборник). Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. М.: ИПУ РАН. 2012. С. 313-323.
5. EMPS - multi area power-market simulator [Электрон. ресурс] URL: https://www.sintef.no/en/software/emps-multi-area-power-market-simulator/ (дата обращения 27.05.2019)
6. Wolfgang, O., Skjelbred, H. I. and M. Korpås, "Evaluating North Sea grid alternatives under EU's RES-E targets for 2020," Sintef Energi AS, 2012.
7. Веселов Ф.В., Соляник А.И. О механизмах реализации стратегии обновления теплоэнергетики. // Энергорынок. 2017 №3. С. 15-22.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ИНТЕГРАТИВНЫМИ И ИНТЕГРАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В ЕАЭС: ЦИФРОВАЯ СМАРТ-ПЛАТФОРМА

Гайноченко Т.М.

ФГБОУ ВО Государственный университет управления,
Россия, г. Москва, Рязанский проспект, 99
TGainochenko71@gmail.com

Аннотация: Формирование единого воздушного пространства государств-членов ЕАЭС представляет собой сложную задачу, практическая реализация которой должна опираться на достижения фундаментальной науки о надежности крупномасштабных систем. Понятие "надежность" раскрывается лишь в системах, приближающихся к высшему уровню организации. Следовательно, исследование системных объектов необходимо начинать с высших форм организации, которые характеризуются значительно более высоким уровнем детерминации по сравнению с низшими формами организации. В статье представлены результаты анализа текущего состояния воздушных сообщений между государствами-членами ЕАЭС в контексте современных мировых тенденций развития мировой системы воздушного транспорта. Предлагается разработка концепции создания единой цифровой смарт-платформы для координации управления маркетинговой деятельностью в сфере транспортного обеспечения экономики и населения государств-членов ЕАЭС.

Ключевые слова: организация, надежность, динамическая устойчивость, управление развитием, интеграция, единое воздушное пространство, единая цифровая смарт-платформа

Результативность и эффективность региональной интеграции государств-членов ЕАЭС как модели сознательного и активного участия группы стран в процессе глобальной стратификации мира [5, с. 18] зависит от качества управления интеграционными и интегративными процессами. К настоящему

времени в теории и практике обобщены и систематизированы теоретические конструкции основ региональной интеграции: разработана классификация стадий региональной интеграции Б. Балашша, введены понятия негативной и позитивной интеграции Я. Тинбергена, выявлены закономерности интеграционных процессов и методологические подходы к оценке экономического потенциала [5,6]. В то же время наблюдаются трудности в понимании и применении фундаментальных основ управления развитием крупномасштабных систем, придания им устойчивости и надежности функционирования, разработке интегральных критериев, позволяющих оценить результативность и эффективность формирования Евразийского экономического союза как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде.

Как было показано в работах [7,8,10] показатель «производительная сила социально-экономической системы» основан на принципе преобразования и позволяет провести количественную оценку синергетических эффектов, возникающих в сложных экономических системах. Источники эффекта синергии могут быть различными: концентрация рассредоточенных ресурсов; упорядочение связей; повышение степени связанности и координации действий; активизация действий одной части фактом присутствия другой части (катализатора); функциональная специализация частей и высокая степень разделения труда; возможность взаимозаменяемости частей [4]. Однако, все они определяются уровнем организации системы. Известно, что более высокому уровню организации соответствует и более высокая производительность. Изменяется структура системы – «качество» системы - и, как следствие, изменяется ее производительность – «количество». Из теории эта связь известна как всеобщий закон перехода количества в качество. Практике она известна как зависимость результатов производства от его организации. Общематематического описания механизма перехода «количества» в «качество» еще нет. Законы математических операций (ассоциативного, дистрибутивного и коммутативного), которых придерживается физика, оказываются не действительными, как только мы обращаемся к системам.

В любой системе непрерывно протекает процесс приспособления, сортировки и специализации частей, элементов и частиц, в результате которого создаются союзы индивидов. Союзы обусловлены самим процессом обмена. Неважно знать характер сил притягивающих индивидов: гравитационные, электрические, магнитные, ядерные, психические или какие-нибудь другие, никому еще не известные – важно то, что все они – сила обмена и важно знать их величины.

Механизм “узнавания” и притяжения в природе действует автоматически, потому что в его основе находятся сами силы. Сортировка частиц по свойствам тождественна сортировке сил по их величине – это процесс автоматический. Если предоставить элементам, находящимся на низшем уровне организации, достаточно времени и энергии (движения), - они непременно поднимутся выше в своем развитии сначала на средний и затем на высший уровень организации. Это объективный закон природы – закон специализации – образуются наиболее производительные пары и число этих пар в системе увеличивается. Растет доля более производительной части системы и уменьшается доля менее производительной части. Специализация – это первая половина структуры, действующая на производительность прямо и непосредственно. Другая половина структуры направлена на то, чтобы найденное в результате специализации оптимальное распределение чего-либо закрепилось в действии. Поэтому второй объективный закон природы – закон кооперирования – объединение обособившихся специализированных пар-производителей, по их свойствам, характеру их действия. Без этого закона все вещество в природе находилось бы в аморфном и распыленном состоянии. Процессы специализации и кооперирования объективны и являются следствием сил притяжения и стягивания, действующих в единстве и вызываемых одной причиной – свойствами пар-производителей.

Уединенная пара-производитель в действии, ради которого она уединяется, всегда неустойчива, объединяясь в союзы все индивидуальные пары становятся устойчивыми и могут долго существовать, не нарушая своей основной деятельности. В союзе можно наблюдать новое явление и новое свойство пар-производителей - их устойчивость.

Динамическая устойчивость – явление одновременного распада и синтеза целого, условием которого является однородность среды. Но для полной надежности сложной системы динамическая устойчивость должна быть дополнена “управляемостью”. В сочетании с управляемостью динамическая устойчивость составляет полную надежность системы. Таким образом, для того чтобы система оказалась надежной необходимо в ней, помимо технической стороны, предусмотреть управление и регулирование – два действия, выполняемые в процессе движения.

Система, основанная на одном регулировании, может стать надежной лишь в однообразных, не меняющихся условиях движения. Все что хочет называться системам, должно, помимо регулирования, обладать свойствами управляемости и действием управления.

Действие “регулирование” основывается на свойстве “динамическая устойчивость”, действие “управление” основывается на свойстве «управляемость», - а все вместе, т.е. два свойства и два действия составляют полную надежность системы. Система может обладать свойствами устойчивости и управляемости и в то же время не быть надежной и наоборот, в системе могут осуществляться действия управления и регулирования, но система благодаря этому не делается надежной. Для полной надежности необходимо полное соответствие между заложенными в систему свойствами и осуществляемыми в ней действиями.

Сложные системы не могут быть созданы на прежних методологических основаниях, связывающих надежность системы с надежностью отдельных ее элементов как произведение надежностей, зависимых от вероятностей. Понятие “надежность” раскрывается лишь в системах, приближающихся к высшему уровню организации. Следовательно, исследование системных объектов необходимо начинать с высших форм организации, которые характеризуются значительно более высоким уровнем детерминации по сравнению с низшими формами организации.

В настоящее время развитие мировой авиатранспортной системы находится на стадии формирования единого неба, единого воздушного пространства и различных форм стратегической и маркетинговой кооперации субъектов авиатранспортного рынка.

Формирование единого воздушного пространства государств-членов ЕАЭС является одним из целевых ориентиров развития интеграционных процессов в рамках Договора о ЕАЭС (2014, раздел XXI «Транспорт»).

Анализ развития воздушных сообщений между государствами-членами ЕАЭС позволяет заключить, что в силу низкого уровня внутреннего платежеспособного спроса на межгосударственные, межрегиональные и региональные (местные) перевозки, отсутствия скоординированной политики в области производства и закупок авиационной техники, обучения авиаперсонала, экономического регулирования воздушного транспорта сложился диспаритет в установлении пунктов назначения между государствами-членами; количестве назначенных перевозчиков; емкости; частоте выполнения полетов на договорных линиях в рамках межправительственных соглашений о воздушном сообщении; транзитного пролета перевозчиков одного государства-члена через воздушное пространство другого государства-члена, выполняющих международные рейсы.

Анализ форм кооперации, проведенный выше, а также в работах [1-3] свидетельствует о преимущественном развитии маркетинговых форм кооперации авиакомпаний государств-членов ЕАЭС (интерлайн и код-шеринговые соглашения), предполагающие взаимодействие в области продаж авиационных услуг друг друга, оптимизации использования воздушных судов и продвижение национальных брендов за пределы собственной территории. Стратегические формы кооперации субъектов воздушного транспорта государств-членов ЕАЭС практически не выходят за национальные рамки, исключение составляют российские авиакомпании. Слияния и поглощения характерны, в основном, для российских авиакомпаний.

Несмотря на ряд противоречий между общими и национальными интересами субъектов воздушного транспорта; между национальным суверенитетом и полномочиями Евразийской экономической комиссии; разными темпами развития субъектов воздушного транспорта государств-членов ЕАЭС; а также различиями в восприятии целей и выгод от интеграции между авиационными властями и пользователями воздушного транспорта авиатранспортная система государств-членов ЕАЭС обладает относительной динамической устойчивостью и реализуемые действия по ее регулированию закладывают основы ее надежности. Однако, как отмечалось выше, это только одна часть надежности системы, тогда как полную надежность она может приобрести при формировании свойства «управляемости» на основе управления развитием интеграционными и интегративными процессами в сфере воздушного транспорта. Опыт организации функционирования воздушного транспорта в СССР [9], в результате которого достигался высокий уровень рентабельности системы, может служить эталонной моделью при разработке концептуальных основ создания единой цифровой смарт-платформы для координации управления маркетинговой деятельностью в сфере транспортного обеспечения экономики и населения государств-членов ЕАЭС. Организация и управление подобного рода маркетинговыми исследованиями в рамках авиатранспортной системы государств-членов ЕАЭС придаст устойчивость интеграционным процессам на воздушном транспорте.

Возможность создания единой цифровой смарт-платформы с целью проведения маркетинговых исследований и оптимизации распределения авиатранспортной работы между авиаперевозчиками государств-членов ЕАЭС может быть реализована через Систему взаиморасчетов на воздушном транспорте (СВВТ).

Функциональные возможности СВВТ сконцентрированы на организации системы продаж услуг воздушного транспорта по основной и дополнительным видам деятельности с наметившейся тенденцией вовлечения железнодорожного и регулярного автобусного транспорта в качестве участников СВВТ. Вместе с тем, представляется целесообразным диверсификация функциональных возможностей СВВТ на базе единой цифровой смарт-платформы по управлению маркетингом. Это может стать стимулом для оптимизации маршрутных сетей и парков воздушных судов авиакомпаний государств-членов ЕАЭС, а также всей коммерческой работы не только воздушного транспорта государств-членов ЕАЭС, но и других видов транспорта. Следовательно, повысится уровень организации не только авиатранспортной системы, но и транспортной системы государств-членов ЕАЭС в целом. Это позволит удовлетворять текущие и отложенные потребности государств-членов ЕАЭС в транспортном обеспечении экономики и населения за счет ликвидации издержек и потерь различного рода при организации работы транспорта на инструментальной базе единой цифровой смарт-платформы.

Литература

1. *Гайноченко Т.М.* Актуальные аспекты формирования единого воздушного экономического пространства государств – членов ЕАЭС // Бюллетень транспортной информации. – №10. – 2017. – с. 3-10.

2. Гайноченко Т.М. Оценка интеграционного потенциала авиакомпаний государств-членов Евразийского экономического союза // В книге: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018) Материалы одиннадцатой международной конференции. В 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2018. С. 52-55.

3. Гайноченко Т.М. Поликреодичность развития авиакомпаний государств-членов ЕАЭС // Вестник транспорта. - №10. – 2017. – с. 2-7.

4. Гатауллин Т.М., Гайноченко Т.М. Сложные экономические системы и синергетические эффекты // Теория и практика институциональных преобразований в России / Сборник научных трудов под ред. Б.А. Ерзнкяна. Вып. 33. – М: ЦЭМИ РАН, 2015.- с. 155–161.

5. Европейская интеграция: Учебник для вузов / Под ред. О.В. Буториной (отв. Ред.), Н.Ю. Кавешникова. – 2-е изд., испр. И доп. _ М.: Издательство «Аспект Пресс», 2016. - 736с.

6. Кузнецов Д.С. Интегрированное управление как фактор инновационного развития железнодорожного транспорта России: автореф. дис. … канд. экон. наук. Гос. университет управления, Москва, 2012.

7. Курбатова А.В., Гайноченко Т.М., Курбатова Е.С. Ключевые параметры развития транспорта России на современном этапе: обогащение этоса и внедрение системных методов оценки эффективности общественного производства //В сборнике научно-практического форума «Промышленность. Наука. Компетенции. Интеграция». 2019. – в печати.

8. Персианов В.А., Гайноченко Т.М. Латентные источники инвестиций и научно-технического прогресса на транспорте //Вестник университета (Государственный университет управления). – М.: Издательский дом ГУУ. – 2015. - № 13. -88-95.

9. Подшипков В.А., Панченко Т.А. Организация коммерческой работы на воздушном транспорте: Учеб. пособие для вузов гражд. Авиации. – М.: Транспорт, 1980. – 165с.

10. Gainochenko M. Tatiana Social and Economic Power As A Regulator Mechanism Of Self-Organozation Transport System (0,5 п.л.)/Management of Large-Scale System Development (MLSD), 2017 Tenth International Conference, 2-4 Oct. 2017//IEEE. – 2017. – DOI:10.1109/MLSD.2017.8109622.

ФАКТОРЫ НЕЧЕТКОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПРОЕКТОВ, ХОЛДИНГОВ И СПОСОБЫ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ

Голубев М.П. Попова Е.В.

РЭУ им. Г.В. Плеханова

63mpg@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены некоторые причины, мешающие в интересах собственников, ЛПР, кредиторов, фискалов, корректному описанию и прогнозированию функционирования и развития крупномасштабных холдингов, а также факторингу крупномасштабных проектов и программ. Оценена возможная погрешность прогнозов стоимости вкладов инвесторов, финансовых потоков и налогооблагаемой базы. Приведены некоторые способы снижения погрешностей.

Ключевые слова: крупные промышленные холдинги, группы, проекты, увод активов, прогнозы, стоимость, налоги.

В работе рассмотрены только некоторые проблемы прогнозирования финансовых потоков и стоимости бизнесов, входящих в крупномасштабные холдинги, крупные региональные и странновые проекты и программы, в результатах которых заинтересованы крупные финансовые и стратегические инвесторы, собственники ключевых активов, фискальные органы и крупные кредиторы.

1. Если коротко, то к этим проблемам и мешающим факторам (в части холдингов, крупных проектов и программ) можно отнести /1-4/ недостоверность информации о:

- четкой структуре собственности объектов анализа (в том числе и кажущихся независивыми), владении ключевыми активами и компетенциями;
- конечной целевой модели Проекта, Программы, Холдинга (так как цели инвесторов, топ менеджеров и ЛПР часто различны и это приводит к неустойчивости) и соответствующих ей имущественных и финансовых целей;
- способах снятия имущественных и финансовых рисков, «аварийных» способов выхода из бизнесов;
- тактике владения/управления ключевыми активами;
- реальной учетной политике, способах разнесения затрат как внутри холдинговой (проектной) группы бизнесов, так и с партнерскими предприятиями;
- внутренней и пограничной (с основными поставщиками и подрядчиками) системы ценообразования, товарного кредитования, пр.;
- системы мотивации ТОП и ЛПР и др.

Существуют еще достаточно много менее важных факторов, но их количество также может привести к размытости прогнозов.

Что касается методов искажения оперативной и стратегической информации, используемых недружественными менеджерами для увода активов и финансовых средств, то только их перечисление займет несколько страниц /1-3/: манипуляции оплатой продуктов и услуг, манипуляции загрузкой производства, ритмикой бизнеса и сбыта, «враждебная» логистика, рассинхронизация ритмики строительства, инвестиций и многое другое. Эти действия могут привести как убыткам и банкротству, так и высокой прибыли и эффективности совсем не тех бизнесов, в которых реально она сгенерирована.

В качестве основных причин, которые мотивируют основных (законопослушных) собственников искажать картину «собственности и финансов», автор относит / 1,2,4 /:

- попытки снижения имущественных рисков за счет сокрытия реальной структуры собственности, способов владения ключевыми активами и компетенциями;
- перекачку финансовых потоков внутри и за пределы группы или проекта в дружественные или зависимые структуры, как для реинвестирования в соответствующие проекты, скрытого перераспределения прибыли бизнесов, так и простого вывода финансовых средств;
- перераспределение и даже исключение рисков для ключевых активов и компетенций;
- управление стоимостью бизнесов, с помощью соответствующей накачки или изьятия финансовых средств, предпродажной подготовки части или всего бизнеса и др.

Эти методы широко используют и для снижения налогооблагаемой базы (фактически законными способами).

2. Отмечу, что активно пропагандируемая «цифровая экономика», если рассматривать только практический аспект этого проекта, не может быть реализована применительно к сколько-нибудь

крупным и даже средним объектам экономики (если необходимо что то большее, чем уже существующий бух учет).

Кроме того, до сих пор четко не определены цели «цифровизации» экономики и ее объекты. То есть какие объекты (предприятия, производства, бизнесы и т.д) экономики следует «оцифровывать». Все или только некоторые? Тогда с какой целью? Текущая информация об объекте без прогноза ее динамики недостаточно для описания объекта. А откуда брать стратегические цели и программы частных предприятий и холдингов?

В качестве гипотетических целей могут быть, например, выбраны:

- фискальные, массовый контроль за продуктовыми или финансовыми потоками (замена налогового и бухгалтерского учета?);
- построение глобальной модели для централизованного управления экономикой страны (и частных предприятий???);
- чисто информационные модели;
- и др.

Сложностей на этом пути также много, отметим основные:

- для отобранных бизнесов, предприятий, холдингов и крупных проектов необходимо построить/иметь реальные структуры собственности и бизнес модели, реализованные в чем то близким к ERP системам. Иначе потребитель не сможет получать /3,6/ сколько-нибудь актуальную информацию;
- необходимо построить также и в таком же или совместимом формате модель над системы или под отрасли, в который входят эти бизнесы или холдинги;
- затраты на эти работы должны окупаться в течение ближайших лет и др.

Очевидно, что ни одна из возможных целей не только не окупится, но и не будет реализована, не сможет поддерживаться в актуальной состоянии.

(Для справки, затраты на построение таких моделей для крупных предприятий или средних холдингов составят более 2-5 млн. долларов на каждое. И текущие затраты на поддержание и актуализацию - сотни тысяч долларов в год. Длительность такого проекта составит до 3 лет на одно предприятие).

Возлагать же эти затраты на сами бизнесы не корректно, так как это приведет к массовому банкротству и уходу инвесторов.

Даже для крупных частных холдингов, такие проекты обременительны, а их окупаемость сомнительна /3,8/.

3. Что же может исключить или хотя бы снизить нечеткость прогнозирования развития или сохранности активов и финансовых потоков в крупномасштабных холдингах и крупных федеральных или региональных проектах и Программах?

В зависимости от целей и заказчиков способы меняются /3,9,10/. В рамках этой работы рассмотрим только некоторые из них.

К достаточно универсальным, но укрупненным методам можно отнести стоимостные методы /3/. Для получения необходимой информации для соответствующих оценок обычно достаточно проведения бизнес -диагностики и данных управленческого учета. В то же время, полезно параллельно использовать интервальные методы (фактически в условиях неопределенности используют допущения о вероятном отклонении ключевых факторов и прогнозах минимальных и максимальных границ стоимости или рисков).

Хорошим методом на практике показал метод оценки доли релевантного бизнеса (всего, что участвует или соприкасается с исследуемым) в соответствующем регионе и под отрасли. Затем оценке ее возможного расширения с учетом инвестиций и федеральной поддержки. Таким методом автор с сотрудниками выявил «черные» финансовые дыры в двух средних холдингах и одном крупном региональном предприятии. Его же можно использовать для оценки предельных инвестиций и принципиальной возможности достичь поставленных инвестором или Правительством цели.

Трендовый метод, который успешно используется в инженерном анализе так же успешно может быть использован и в построении укрупненных моделей рассматриваемых объектов.

Наконец, «флажковый» метод, когда все, участвующие в Проекте, Программе предприятия и кооперация виртуально огораживаются границей и все эти бизнесы рассматриваются как участники виртуального холдинга, реализующего тот или иной Проект или Программу /1-8/. Автор на практике неоднократно убеждался, что такая кооперация не является случайной, а владельцы этих бизнесов аффилированны или зависимы. При таком рассмотрении, например, Проекта строительства

космодрома Восточный, Олимпийских и других Комплексов, достаточно точно можно определить «направления» потоков финансовых средств и «коэффициент их полезного действия».

Что же касается методов снижения неопределенности детального описания объектов, то к таким можно отнести периодическую бизнес диагностику, контроль трендов ключевых показателей эффективности ключевых бизнесов и др. Обнаруженные отклонения от прогнозов стандартной модели позволяет не только скорректировать и уточнить результат, но и выявить «недружественные» действия менеджеров. Так же может быть получена косвенная информация о реальном владении или управлении бизнесами, точками роста или «черными» дырами стоимости.

Самое сложное в прогнозе для целей фискальных органов и Правительства выявить реальные целевые модели собственников и планируемые ими способы выхода из бизнесов при форс мажоре. Автор предлагает использовать, например, разработки, изложенные в работе /1/. Путем последовательной проверки перечисленных в работе схем, какие из них наиболее подходят к рассматриваемым объектам.

Литература

1. *Голубев МП* Методология создания эффективных вертикально интегрированных холдингов: Учеб. пособие. Учебники для программы МВА, 2010. 521 с.
2. *Голубев МП Данько ТП* Менеджмент и маркетинг ориентированный на стоимость. Учебник. М.: Инфра – М, 2011 416 стр
3. *Голубев М.П.* Имущество корпорации. (Часть 2.Ситуационный мониторинг).- М.: Научная книга, 2007.- 141с.
4. *Голубев М.П.* Имущество корпорации. Теория и практика управления. М. Научная книга. 2006. – 324 с.
5. *Голубев М.П. Попова Е.В*. Организационные и управленческие проблемы управления стоимостью крупномасштабных холдинговых систем. Одиннадцатая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2015)», 1-3 октября 2018. Стр 106
6. *Голубев М.П.* Особые требования к разработке программ по реализации крупномасштабных проектов. Восьмая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2015)», 29 сентября -1 октября 2015. Стр 106-112
7. *Голубев М.П.* Особые требования к организации сделок и структуре собственности крупных холдинговых структур для защиты от недружественных действий менеджеров. Одиннадцатая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2015)», 1-3 октября 2018., Москва. Стр 103.
8. *Голубев М.П.* Проблемы и предложения по созданию системы управления активами РФ. Сборник материалов научно-практической конференции на тему: «Модернизация России: Современные проблемы управления»- М.: ИИЦ МГУДТ, 2010 г.Стр. 59-67
9. *Голубев М.П.* Концепция формирования активов и бизнес процессов вертикально интегрированного холдинга. «Транспортное дело в России», №6, часть 2 (103) 2012 г.
10. *Голубев М.П.* Сделки приобретения и поглощения как способ реализации стратегического плана маркетинга. Научный журнал "Дизайн и технологии", выпуск №32 (74), 2012г. С. 116-126
11. *Голубев М.П.* Особый взгляд на задачи региональных администраций. Инновации и инвестиции. №2 2015 г стр. 219-222.

ВЗГЛЯД НЕЗАВИСИМОГО ЭКСПЕРТА НА ПОСТАНОВКУ И РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Голубев М.П.

РЭУ им. Г.В. Плеханова

63mpg@mail.ru

*Аннотация: Приведены организационные и управленческие проблемы реализации крупномасштабных проектов. Показаны возможность и эффективность использования при разработке и управлении крупными проектами и программами таких инструментов как и*мущественная стратегия, методология создания, управления и реформирования холдингов/корпораций, а также использование целевых моделей и драйверов стоимости.

Ключевые слова: крупномасштабные проекты, системы, холдинги, активы предприятия, целевая модель, реформирование, организационные модели, системы и структуры управления, стоимость, имущественные риски, корпоративное управление активами.

1. Регулировка/управление экономикой на основе макроэкономических принципов, популярная в стабильно развивающихся странах и рекомендуемая известными школами бизнеса и международными институтами для стран с рандомизированной рыночной средой, не подходит для

кризисных стран, неравномерно развитых регионов (каждый закон следует применять в конкретных исторических и географических рамках).

Целесообразна пакетная /2/ композиция целевых фокусных воздействий, создающих центры роста в регионах, как следствие увеличивающих налоговые поступления, количество рабочих мест и др.

Фактически, развитие региональной бизнес среды, как рыночной и социальной задач, корреспондируется со стратегическим управлением крупного (договорного) регионального холдинга /1,2/.

Приоритеты инфраструктурных проектов (ИП), как базиса и основы развития рыночной и социальной среды далеко не бесспорны. Во первых, инвестиции в них начнут окупаться только после завершения рыночного и промышленного подъема регионов, где и реализуются эти ИП. Во вторых, ни один грамотный инвестор не вложит средства в проект с рассогласованной ритмикой, когда второстепенные направления бизнес среды инвестируются (и завершаются) ранее и в больших объемах, чем основной бизнес /3/. Кроме того, время простоя уже завершенных ИП, лишь косвенно стимулирует основную инвестиционную деятельность. В отличии от роста реального потребления продукции и услуг вновь создаваемых бизнесов. На малый и даже средний региональный бизнес такие проекты практического влияния не окажут. В качестве вероятного исключения м.б. рассмотрен только крупный межрегиональный бизнес, который может войти в регион при завершении ИП. Но это мало повлияет на исходную задачу развития самого региона. А значит, инвестиции в некоторые крупные ИП как минимум не своевременны, и вряд ли когда то окупятся. Огромные затраты денежных и людских ресурсов на эти ИП также будут затруднять реализацию проектов основного бизнеса. Можно отметить еще много факторов, но полезность крупных ИП в условиях дефицита средств на поддержку основных промышленных и сельскохозяйственных проектов, должных обеспечить рыночную безопасность РФ, сильно преувеличена, а их окупаемость реально не просчитана (например, по методу /2/ регион с проектом и без).

2. Очевидные для крупных инвесторов и инвестиционных фондов принципы: выстраивание проектов по принципу «самораскрутки» и пере инвестирования из доходов уже завершенных проектов в последующие, минимизация суммарного кеш-фло, и другие /2,4/, полезно бы применять и в планировании ИП, распределении бюджетных средств в крупные проекты и программы.

Такие и другие принципы реально реализовать только при создании федеральных программ, крупных федеральных проектов и ИП, как пакета инвестиционных проектов, управляемых в над региональном формате (фактически путем создания договорных холдингов и соответствующих им систем управления и принятия решений), но используя перечисленные принципы для максимизации эффекта и обеспеченности завершения проектов в планируемом формате /2,3,4,/.

3. Важно помнить, что на практике из анализа более сотни средних и крупных проектов и программ, планируемые показатели окупаемости, технико-экономические параметры значительно меняются от стадий рассмотрения проекта, а также в процессе его реализации /4/. Типично, что при заявке на проект его характеристики супер привлекательны. При проработке проектно сменой документации в среднем они падают на 15-25 %. Далее при защите и экспертизе независимыми экспертами показатели еще падают на более чем 30-40%. Полученный результат пытаются обычно улучшить путем преуменьшения рисков, как рыночных, так и технологических. Но в результате реализации чаще всего получают почти нулевой результат (в ряде случаев и отрицательный). Для предотвращения таких потерь необходима банальная персональная ответственность инициатора проекта и лиц принимающих решения (ЛПР).

Проблему можно частично устранить, создав систему управления и распределения ответственности как в реальном договорном, проектном холдинге, который может управляться стратегически и оперативно по уже отработанным методам и принципам /2/.

В том числе используя рекомендуемый в работе /2,4/ пакетный принцип для программ крупных холдингов.

4. Существующие на практике тендерные системы отбора не обеспечивают объективности выбора поставщиков, подрядчиков ввиду возможности подстройки под «нужных» исполнителей. Другая проблема использования тендеров состоит в том, что в борьбе за место в списке, подрядчики минимизируют до предела все возможные затраты и рыночные риски, тем самым уже на стадии заявки исключается возможность реализации требуемых показателей в условиях кризиса, изменения ценовых показателей и т.п.

Например, правительство рассматривало объективность ценообразования на авиабилеты и топливо. Очевидно, что цены на билеты это фактически фьючерсы, так как сложно предугадать не только будущие цены на топливо (продажа предварительная), аэродромные сборы, но и изменение

покупательной способности и как следствие, заполняемость самолетов из-за падения жизненного уровня населения (пример, банкротство «Натали Турс»).

Поэтому тотальное исключение рисков, что обычно требуют заказчики, заранее создают предпосылки невыполнения требуемых проектных показателей /4,7/. (И это без учета откатов и благодарностей). Исполнитель вынужден зачастую незаконно снижать издержки, налоги, «кредитоваться» за счет несвоевременной выплаты зарплаты и так далее.

Низкая финансовая дисциплина финансирующих проекты структур еще более усугубляют картину и приводят не только к задержкам в закупке требуемых ресурсов для реализации проектов, но и задержке самих проектов.

На практике работы планирующих органов не заметен и основополагающий принцип эффективности вложений - выбор приоритетов и ранжирование проектов и программ, что приводит к субъективизму выбора объектов, объемов, порядка финансирования и т.д.

Как это не покажется странным членам правительства и управляющих комитетов этих проектов, проблема снятия перечисленных рисков, планирования и управления крупными проектами и программами почти таких же масштабов уже неоднократно решалась в крупных промышленных холдингах /2,4,8/, например, Лукойле, Новатеке, Норильском никеле и др .

5. Проблем добавляет и непоследовательная, рваная реализация ИП и других крупных проектов, их резкое (в разы) удорожание не дает того результата, который ожидает Президент и жители РФ.

При этом не страдают только исполнители -крупные олигархи и кураторы таких проектов.

Хотя на практике инвестиционных фондов (ИФ) и др. финансирующих институтов давно используется сценарный подход, например, минимаксная стратегия, консервативная, венчурная. Подходы могут быть и немного другими /4,5/. Главное оценить влияния неблагоприятных факторов на параметры проектов, выделить ключевые для данного сценария риски, оценить их вероятность, и только поле этих процедур делать заключение.

То же можно сказать о принципах выбора ИП и фокусе внимания. Например, использовать также популярный у профессионалов принцип обучения.

Выбрать 2-4 пилотных регионов по принципу а) социальная напряженность, б) безопасность, в) ресурсный потенциал, г) дотационный регион с крупными дотациями и т.п.

Далее разработать программы и отработать процедуры бизнес диагностики, аудита, независимой экспертизы и тд.

В качестве направлений программ могут быть сценарии снятия напряженности (экономические в первую очередь), сценарии и соответствующие программы/проекты освоения ресурсов с фокусом на бюджетную окупаемость и соц. развитие (по возможности), сценарии снижения дотаций путем концентрации на проектах, обеспечивающих повышение бюджетных отчислений, создание рабочих мест, ликвидация убыточных, бесперспективных производств (Выводы д.б. сделаны только после рассмотрения вариантов программ финансового оздоровления /2/).

Далее после стандартных подготовительных процедур, экспертиз, создания управляющей компании или комитета, реализация пилотных проектов и отработки методов для рекомендаций в другие проекты соответствующей направленности и регионы. Такое последовательное обучение, оптимизация, стандартизация управляющих процедур и критериев позволит с наименьшими потерями последовательно реализовать указания Президента.

При этом особая роль м.б. отведена и региональным администрациям и профильным комитетам /3,6,7/

6. Что касается борьбы с нарушениями финансовой дисциплины (откаты, утечки, пересортица, нецелевые траты и др), то эти методы давно используются /2,4,8/ в крупных холдингах и собственниками в крупных проектах и программах. Эти методы полезно использовать при реализации крупных проектов и бюджетному комитету, соответствующим контрольным органам.

7. По мимо роста доходов, значительным ресурсом является снижение издержек в промышленности, логистике и др /3,6/. Например, со стороны Правительства необходимо создание процедур мотивации снижения издержек на промышленных предприятиях, предприятиях ЖКХ, дорожных службах и др монополистах. Мотивация внедрения уже готовых технических решений, инноваций.

Давно существуют изобретения и разработки, например, по снижению тепловых потерь, электрических потерь, потерь водных и других ресурсов. В масштабе страны это даст ежегодную экономию в сотни триллионов рублей. Однако реальной и масштабной работы даже в частных компаниях не проводится. Хотя простые интервальные оценки дают окупаемость менее года. Таких по окупаемости проектов в реальном бизнесе нет.

Да и вообще, накопленный в в промышленности и оборонке инновационный капитал практически не используется. В первую очередь из-за отсутствия мотивации со стороны правительства РФ. Поэтому затраты на такие проекты как «Сколково», целесообразно переориентировать на внедрение уже готовых технических решений и инноваций, отобранных по принципу максимального эффекта и окупаемости /3,5,6/.

8. Наконец, необходимо капитализировать все виды поддержки со стороны правительства и региональных администраций в проекты и программы, например, в долевое участие в акционерных капиталах создаваемых при реализации крупных программ и проектах активов /4,6,7/.

9. Управлять же налоговой средой в кризисной экономике с сильной положительной обратной связью малоперспективно. Помимо отсутствия долгосрочного эффекта, создается еще один фактор неопределенности для инвесторов, сложность прогноза рисков и доходности. Что и приводит к уменьшению прямых инвестиций.

Литература

1. *Цвиркун А.Д.* Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с.
2. *Голубев М.П.* Методология создания эффективных вертикально интегрированных холдингов: Учеб. пособие. Учебники для программы МВА, 2010. 521 с.
3. *Голубев М.П.* Проблемы и предложения по созданию системы управления активами РФ. Сборник материалов научно-пр актической конференции на тему: «Модернизация России: Современные проблемы управления»- М.: ИИЦ МГУДТ, 2010 г.Стр. 59-67
4. *Голубев М.П. Данько Т.П.* Менеджмент и маркетинг ориентированный на стоимость. Учебник. М.: Инфра –М , 2011 416 стр
5. *Голубев М.П.* Попова Е.В. Сделки приобретения и поглощения как способ получения инноваций. «Транспортное дело в России», №6, часть 1 (103), 2012 г.
6. *Голубев М.П.* Особый взгляд на задачи региональных администраций. Инновации и инвестиции. №2 2015 г стр. 219-222
7. *Голубев М.П.* Особые требования к разработке программ по реализации крупномасштабных проектов. Восьмая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2015)», 29 сентября -1 октября 2015. Стр 106-112
8. *Голубев М.П.* Особые требования к организации сделок и структуре собственности крупных холдинговых структур для защиты от недружественных действий менеджеров. Один-ая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2015)», 1-3 октября 2018., Москва. Стр 103.

СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ КАК КРУПНОМАСШТАБНАЯ СИСТЕМА: АНАЛИЗ МАРШРУТОВ В ОПРЕДЕЛЕННЫХ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Горошникова Т.А., Ильинский А.И.

Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва

tagora@list.ru

Ключевые слова: Арктика, северный морской путь, имитационное моделирование, ледовый режим

Аннотация: В докладе предлагается анализ практической осуществимости участия КНР в открытии Северного морского арктического пути на основе исследования пути судна при определенном ледовом режиме. Имитационное моделирование выполнено в среде NetLogo с использованием эвристического алгоритма A.*

Введение

Китайское правительство анонсировало арктическую политику Китая по устранению расширяющегося разрыва между юридическими и институциональными ограничениями в Арктике и ее растущими интересами [1]. Отчет Китая о его арктической политике (China's white paper) от 26 января 2018 подтверждает намерения Китая расширить спектр своих действий в Арктике с целью реализации 'исторической возможности' для коммерческой деятельности в результате таяния арктического льда и увеличения длительности судоходного периода. Расширение инициативы ‘Один Пояс, Один Путь” до “Инициативы пояса и пути” подчеркивает важность ‘Полярного шелкового пути”, связывая Китай и Европу через Северный Ледовитый океан. Таблица 1 показывает различные значения расстояний между Китаем и европейскими странами для Южного Морского Пути (через Суэцкий канал) и Северного морского пути (через Северный Ледовитый океан).

Арктика меняет роль младшего игрока в мировой экономике на роль игрока с неограниченными ресурсами и прекрасными возможностями. Физическая и социальная значимость понимания этого переломного момента может стать локомотивом для получения информации, идей, знания. Морскую

Арктику как любую крупномасштабную социально-экологическую систему можно рассмотреть через взаимосвязанные проблемы: исследовать возможность соединения компонентов системы, выявлять индикаторы смен режимов посредством наблюдения и моделирования, встраивать функциональную устойчивость в систему через адаптационно-ориентированную политику. [2] Каждая из вышеупомянутых проблем зависит от масштаба и требует более глубокого понимания.

Таблица 1

From	To	SSR(km) Южный Морской Путь	NSR(km) Северный морской путь	NSR against SSR % change
China	Netherlands	19,942	15,436	-23%
China	Belgium	19,914	15,477	-22%
China	Germany	20,478	15,942	-22%
China	United Kingdom	19,799	14,898	-25%

Главный компонент Арктики – арктическая транспортная система. Северный морской путь (NSR) из-за тающего льда становится замечательной альтернативой для судостроительной промышленности. Акватория NSR покрыта льдами, которые усложняют навигацию большую часть года. Толщина однолетнего льда достигает 2 метров к началу летнего сезона. Фактический ледяной класс судна (параметр, показывающий его способность находиться в море в зависимости от тяжести ледовых условий) очень важен для такого "ледяного режима". Даже в летний сезон затруднения, связанные с ледовой обстановкой, бывают настолько существенными, что без помощи ледокола пройти судам не представляется возможным.

Маршруты NSR простираются вдоль побережья с чрезвычайно низкой плотностью населения. Сокращение расхода топлива – цель для транспортной компании, т.к. цена на топливо включает значительную часть эксплуатационных затрат для судовладельца, чтобы быть максимально экономичными необходимо операционное планирование.

Моделирование возможного навигационного маршрута должно описать каждый шаг пути судна с условиями окружающей среды: плотность льда (ice compactness), толщина льда, прочность льда, видимость. Администрация Северного морского пути Российского Федерального агентства по морскому и речному транспорту рекомендует маршруты для судов определенного класса. Отклонение от рекомендуемого маршрута предусматривается только для конкретного диапазона, выход, из которого опасен и нежелателен. Цель работы состоит в выполнении анализа осуществимости китайского участия в Арктике при открытии Северного морского арктического пути на основе исследования пути судна при определенном ледовом режиме.

Методология

Анализ пути судна изучается с различных точек зрения. Теоретические исследования Северного морского пути выполняли Erikstad и Ehlers (2012), Sorstrand (2012), Otsuka и др. (2013), La Prairie и др. (1995.), Kotovirta и др. (2009), Guinness и др. (2014) описывали различные аспекты использования NSR, Grifoll и др. (2016) обращались к моделированию транзита и оптимизации маршрута.

Алгоритм поиска путей, используемый в работе – эвристический алгоритм A* (Dechter и Pearl, 1985) для поиска "короткого" пути, соединяющего отправную точку и конечный пункт в 2D сетках. A* алгоритм - комбинация идей алгоритма экономного продвижения (Greedy algorithm) и эвристической информации для каждого состояния *s*:

$$f(s) = g(s) + h(s),$$

где g (s) предоставляет стоимость пути от состояния начала до текущего состояния, h (s) оценивает стоимость самого дешевого пути от текущего узла до цели. Эвристическая функция не должна переоценивать фактическую стоимость достижения самого близкого узла цели. Несмотря на то, что A* алгоритм находит расстояние маршрута за более длительный промежуток времени, чем метод изохроны (Myung-II Roh, 2013), потому что делает акцент на соседние узлы, он легче применим к экономичному судоходному маршруту с препятствиями, такими как острова или большие льдины.

Изменение ледовой обстановки зависит от времени года. Навигационный период NSR начинается в апреле для ледоколов, в июне для других судов и продолжается до ноября. Ледовая обстановка принимает во внимание плотность льда в области и стадии развития льда. Ледовые карты хранятся в форме стандарта World Meteorology Organization (WMO). Анализа пути судна имеет важное значение для экономической эффективности. Чем быстрее и короче маршрут, тем более экономически

эффективны расходы. В целом задача определения экономичного пути судна является задачей оптимизации, где переменная - длина пути.

Создание модели

Для анализа пути судна при заданной ледяной плотности (0.22-0.33) было построено множество маршрутов {Ln} в структуре NetLogo. Ледовая обстановка была приближена максимально реалистично насколько возможно. Netlogo - мультиагентная программируемая окружающая среда моделирования для принятия решения [7].

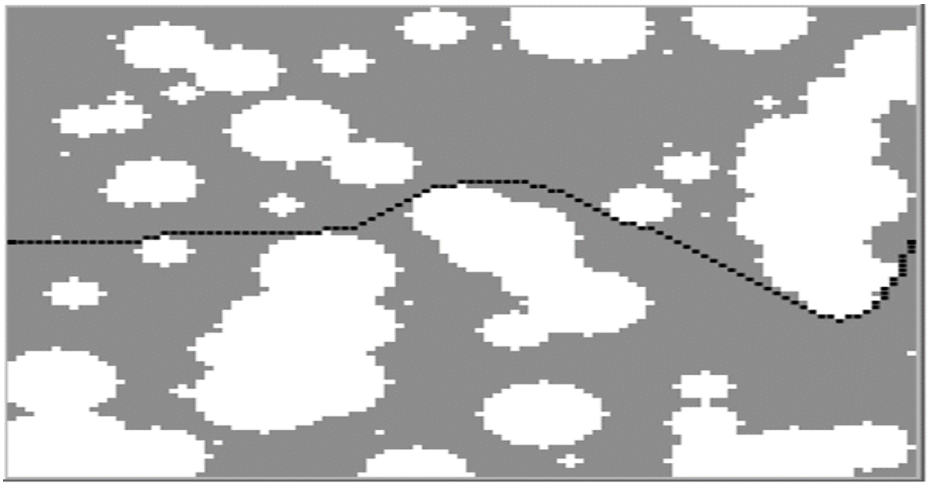


Рисунок 1. Модель пути судна выполненная в Netlogo

Агентное моделирование Netlogo основывается на множестве взаимодействующих агентов с врожденной хаотичностью. Эта особенность имеет ценную привлекательность для морских моделирований ледовой обстановки. Ледовая модель для нахождения оптимального маршрута от одного пункта до другого пункта основывается на эвристическом A* алгоритме в прямоугольной сетке. По мере продвижения агента (судна) алгоритм обрабатывает информацию для определения оптимальных местоположения судна. Модель была выполнена в 2D сетке (100 x 100). Данные были экспортированы в программную среду R для статистической обработки и графики.

Заключение

В докладе обсуждается анализ стохастических свойств построенных маршрутов и на его основе делается предположение о целесообразности дальнейшего изучения Северного морского пути как части “Инициативы пояса и пути”.

Литература

1. http://www.scio.gov.cn/zfbps/32832/Document/1618203/1618203.htm
2. *Carmack, E.,McLaughlin, F.,* (2012), “Detecting and”Coping with Disruptive Shocks in Arctic Marine System: A resilience Approach to Place and People, Springer
3. *Hintsala, H., Niemela S., Tervonen P.* "Arctic potential – Could more structured view improve the understanding of Arctic business opportunities?" Elsevier, Polar Science 10 (2016) 450-457
4. *Esa J,* 2015. Fuel and economic efficiency of an ice-going vessel on th Northen Sea Route, Master thesis, School of engineering, Aalto University
5. *Grifoll, M. and F. X. Vartinez de Oses* (2016): “A Ship Routing System Applied at Short Sea Distances” Journal of Maritime Research, Vol XIII, No.II, pp 3-6.
6. *Myung-II Roh*, “Determination of an economical shipping route considering the effects of sea state for lower fuel consumption”
7. *Wilensky, Uri; Rand, William* (2015). An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo. Cambridge: MIT Press. ISBN 978-0-262-73189-8. Scott S., Koehler M. A Field Guide to Netlogo, George Mason University, The MITRE Corporation, 2014
8. *Nam J., Park I, Lee H.,* Simulation of optimal arctic routes using a numerical sea ice model based on an ice-coupled ocean circulation method”, Int J.Naval Archit.Ocean Eng.(2013) 5:210-226
9. *Myung-II Roh,* Determination of an economical shipping route considering the effects of sea state for lower fuel consumption, Int J.Naval Archit.Ocean Eng.(2013) 5: 246-262
10. *Jones S. Ships In Ice – A Review,* 25th Symposium on Naval Hydrodynamics, St. John’s, Newfoundland and Labrador, CANADA,8-13 August 2004.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ: ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИННОВАЦИИ В ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ

Горский Ю.В., Овсяник А.И., Сидоренко Г.Г., Терновсков В.Б., Григорьев С.М., Данилина М.В., Пименов Н.А., Синицын И.В.

Кафедра БЖД, Департамент анализа рисков, Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский пр., д. 49

YGorskiy@fa.ru, AIOvsyanik@fa.ru, GGSidorenko@fa.ru, VTernovskov@fa.ru, SGrigorev@fa.ru, MDanilina@fa.ru, NPimenov@fa.ru, ivsin@inbox.ru

Аннотация: анализируются информация о разработанных, внедренных, промышленно освоенных отечественных композиционных материалах на отечественном сырье по разработанным технологиям их производства и применения в промышленности, что позволяет рекомендовать данные разработки в качестве импортозамещения используемых российскими производителями посуды с антипригарным покрытием композиционных материалов.

Ключевые слова: фторопласт-ПТФЭ, адгезионные свойства, антипригарные материалы, Адгеласт, национальная безопасность, газодинамические подшипники, Greblon, Scandia.

Импортозамещение в современной России началось после кризиса 1998 года. Ранее, в 1990-е годы, в результате либеральных реформ и развала системы производственных связей, существовавших в СССР, произошло двукратное падение промышленного производства в РФ. Начиная с 2014 года импортозамещение резко активизировалось на фоне Украинского кризиса и антироссийских санкций, введённых после Воссоединения Крыма с Россией. Снижение зависимости от импортного сырья и комплектующих – не просто лозунг, это перспектива использования ПТФЭ в дисперсионно наполненных покрытиях обусловленая рядом его уникальных свойств: аномально низкий, среди конструкционных материалов, коэффициент трения (0,04-0,05 по стали без смазки); высокая термостойкость (температура начала разложения 418° С); высокая химическая устойчивость (реагирует только с расплавами щелочных металлов, элементарным фтором при высоких температурах); обладает прекрасными изолирующими свойствами.

Однако, ПТФЭ имеет ряд существенных недостатков: сложен при переработке; хрупок в изделиях; неустойчив при перепадах давления и нагрузках (течет); недостаточно износостоек в трибосопряженных системах (износ в 4-5 раз больше, чем в полиамидах, полиэтилене..); суспензия фторопласта образует пористое, не эластичное покрытие, совершенно не обладающее адгезионной прочностью к подложке любого металла,

Применить комплекс положительных свойств фторопласта, исключив при этом его недостатки, одними из первых в 50-е годы XX века удалось американским ученым при решении задачи - «Облегчить труд женщины при мытье посуды», разработав композиционные материалы, которые при нанесении на поверхность металлических изделий с последующей термообработкой, образуют покрытие с антипригарными свойствами. На мировой рынок материалы для покрытий антипригарного назначения под товарным знаком «Тефлон-2», вышли в 80-е годы. т.е. 30 лет ушло на доработку. В Советском Союзе эти материалы появились в 1982 году одновременно с 2-мя закупленными голландскими линиями «Ферро» по 5 млн инвалютных рублей каждая. Линии были установлены на металлургических родственных заводах: «КУМЗ» в Каменск-Уральске – Свердловская обл. и «Калитва» в г. Белая Калитва – Ростовская обл.. С 1982 года, мы познали прелесть посуды с антипригарным покрытием!

Композиции «Тефлон-2» фирмы Дюпон (США) за доллары текли в СССР «Рекой» до 1986 года - 4 года! Порядка 400 тонн в год. Задание на разработку Отечественных антипригарных материалов в 1985 году получил Новочеркасский завод синтетических продуктов (НЗСП), Ростовская область. С одной стороны – это 150 км от завода «Калитва» – производителя посуды и потребителя материалов, с другой, самое главное – высокоорганизованный химический завод с подготовленными кадрами.

О материалах «Тефлон-2» были известны требования к покрытиям: отсутствие пористости, прилипания пищи, пригорания молока, хорошая адгезия к алюминию (посуда из штампованного алюминия), термостойкость, хороший товарно-декоративный вид. Патенты США были закрыты. Публикации о многокомпонентных полимерных системах в научно-технической литературе практически отсутствовали.

Подобрав серию модифицирующих добавок - пленкообразующих, связующих полимеров; ПАВ; аппретирующих смесей растворителей; агентов, повышающих износостойкость, адгезионную прочность с металлом и др., в результате сотни опытов нам удалось сроднить эти разношерстные компоненты в единую гомогенную систему, обеспечить обязательные при нанесении материалов

технологические свойства: вязкость, растекаемость, отсутствие седиментации и коагуляции при нанесении, перевозке и хранении в течение длительного срока без изменения свойств.

Нам удалось исключить комплекс отрицательны свойства фторопласта и в 1985-1986 г. внедрить на НЗСП (проектная мощность производства -400 т/год) и КУМЗе композиционные материалы для покрытий антипригарного назначения, не уступающих по свойствам, а по ряду показателей, превосходящих зарубежные аналоги, в частности «Тефлон-2» - для посуды, хлебо-пекарного оборудования, разрешенные МинЗдравом для контакта с пищей.

Замена импорта на отечественную разработку позволила:

1. Сохранить 2 инвалютные голландские линии «Ферро», предназначенные для переработки материалов «Тефлон-2», и использовать их для переработки наших материалов, полностью соответствующим по всем технологическим и качественным параметрам американскому аналогу (результаты тестирования покрытий и композиций американскими и голландскими специалистами);

1 Исключить трату валюты на закупку импортных аналогов;

Разработчики в 1989 году удостоены Премии Совета Министров СССР.

Перечень изделий с покрытием антипригарного назначения широк и многообразен :

Практически за 3 года (1985 – 1988г.г.) в ЦЗЛ НЗСП были разработаны и внедрены, помимо аналогов «Тефлона», композиционные материалы для покрытий термостойкого, антикоррозионного, износостойкого, антифрикционного назначения, не поставляемые в СССР, но очень нужные нашей промышленности. Выпуск материалов для покрытий на НЗСП до перестройки составлял 12- 14 тонн в месяц.

Несмотря на прекращение с 2005 года промышленного производства мате-риалов «Адгеласт», ввиду общего положения в стране, разработки и усовер-шенствование материалов на основе фторопласта, учитывая его уникальные свойства и широкие возможности, не остановились.

Усовершенствована и разработана новая серия и широкий спектр материалов для покрытий различного эксплуатационного назначения, в частности:

Антипригарные - «Адгеласт»-товарный знак для кухонной посуды, хлебопекарных форм, кондитерских противней, электровафельниц, электро-грилей, фритюрниц, пирожковых агрегатов, кофеварок, термоколб, комплек-та посуды для военнослужащих, геологов, длительное в находящихся в полевых условиях, термоколб, колбы идут в комплектации на танки, экспортируемые в восточные страны; кухонные приборы и утварь – ножи, друшлаки, половники и т.д.

Разработана цветовая гамма покрытий – более 25 цветов на отечественных и импортных пигментах. Гигиеническая безвредность покрытий подтверждена Сертификатами РФ .

В таблице 1 представлены сравнительные качественные показатели компо-зиций «Адгеласт», покрытий на их основе, и импортных аналогов

Агрессивноустойчивые – для нанесения на пресс-формы (прессование каучуковых изделий, полиуритановых автомобильных колпаков; полимер-ных заготовок для подошв обуви, прокладок для ракеток настольного тен-ниса и др.); на термопары, задвижки химического оборудования; термоно-жи при склеивании полиэтиленовой пленки (производство чипсов..); встав-ки в ингаляторы; заглушки нефтеперекачивающих установок; резервуары химводоочистки; медицинские стерилизаторы и резервуары при стерили-зации консервов; емкости для хранения вина и химически агрессивных от-ходов; пробоотборники для отбора проб воды с морских глубин; запорные шаровые краны; оборудование и приспособления спец. назначения дли-тельного хранения и т.д.

Антиадгезионно – износостойкие – для нанесения на подошвы утюгов, с целью исключения прилипания тканей при глажении; на направляющие; заглушки; фрикционные амортизатры; дисковые и ленточные пилы, с целью экономии распилочного материала и продления работоспособности пил; клиевые и лако-красочные ванны в полиграфии; ксерокопические валики; автомобильные поршни и т.д

Анализ патентной информации и эксперименты воспроизведения ряда предлагаемых композиций для антифрикционных покрытий показали их несоответствие комплексу требований, предъявляемым к условиям работы ГД: при низком коэффициенте трения, высокой термостойкости преобладает ограниченная работоспособность, хрупкость, сползание покрытия на ротор подшипника.

Зарубежные компании, изготавливающие ГДП, охраняют их конструкцию и покрытия, как коммерческую тайну, но их устройство относительно простое. Несущую поверхность подшипника образуют тонкие упругие металлические пластины. В зависимости от условий, в которых работают ЛГП, они меняют форму, чтобы создать оптимальную геометрию зазора. Применение этого вида опор позволяет существенно снизить число отказов высокоскоростных турбомашин.

Прогнозируемые сроки службы турбомашин с ЛГД подшипниками приближаются к 300 тысячам часам.

В лаборатории ЭКАО проведены ускоренные ресурсные испытания (на режиме "пуск-останов") подшипника диаметром цапфы 50 мм. После 30000 циклов - подшипник остался в работоспособном состоянии. Исследованиями МЭИ на радиальном подшипнике с покрытием АИС-2 удалось достичь максимальную удельную статическую нагрузку 30 кПа (стандартное значение 15 кПа). Начиная с 70х годов созданы опорные узлы малых турбо- машин, в которых применены осевые и радиальные опоры (подпятники и подшипники) нового типа- лепестковые газодинамические опоры, имеющие, сравнительно с другими типами, большой срок службы, теплостойкость автономность. Разработано несколько типо-размеров опорных узлов для роторов от 0,1 до 40 кг с частотами вращения от 16 000 до 200 000 об/мин. В одной из публикаций США за 2003 г сказано: «Необходимые эксплуатационные свойства полимерных композиционных материалов могут быть получены модификацией полимера, его матрицы, различными способами, однако, для ПТФЭ их количество сильно ограничено». В связи с этим поиск новых способов модификации ПТФЭ и разработка композитных полимерных материалов на его основе с комплексом улучшенных эксплуатационных и технологических характеристик является актуальной проблемой в области создания материалов триботехнического назначения».

Следовательно, мы на 10 лет раньше авторов статьи (западных ученых), расширили ограничения способов модификации матрицы за счет добавок, изменили подход к свойствам фторопласта, нивелируя отрицательные, улучшая – положительные свойства, разработали свой способ получения полимер-полимерных материалов триботехнического назначения с высокими эксплуатационными свойствами, решив «актуальную проблему в области создания материалов триботехнического назначения.

На основании приведенных данных по созданным и внедренным нами в производство Отечественным фторопласт содержащим материалам и покрытиям различного эксплуатационного назначения на их основе можно с уверенностью утверждать: Каждая из разработок в отдельности и в комплексе является импортозаменяющей по технологическим, техническим и качественным показателям, выполненным на отечественном сырье.

Перечень внедренных разработок:

- Технологии подготовки поверхности металлов (алюминия литого и проката, стали легированной, спецстали и углеродистой, бронзы, латуни, чугуна) ;
- Рецептуры композиционных материалов для покрытий различного эксплуатационного назначения: грунтовочных, облицовочных составов (для внутреннего и внешнего покрытий - гамма цветов более 20), моносоставов;
- Технологии приготовления композиционных материалов;
- Технологии режимов нанесения и термообработки покрытий;
- Методики контроля качества композиционных материалов и покрытий на их основе;
- Разработаны рекомендации по комплектации производственных цехов и испытательных лабораторий с перечнем оборудования и приборов, необходимыми для изготовления композиций и их нанесения на изделия. Обучение персонала навыкам работы с предлагаемыми водосодержащими композициями.

По итогам разработок были определены следующие направления, требующие внимания и развития:

- Создание конкурентоспособной продукции импортозамещения.
- Снижение зависимости от импортного сырья и комплектующих.
- Защита собственных цепочек создания добавленной стоимости.
- Создание новых мощностей, модернизация существующих, повышение производительности труда.

Импортозамещение само по себе, ради себя смысла не имеет. Мы должны выйти из режима работы по импортозамещению с более конкурентоспособной промышленностью.

Литература

1. *Андрейчикова Г.Е.* Способ нанесения покрытия на металлическую поверхность композиции грунтовочного покрытия и композиции для облицовочного покрытия Патент на изобретение RUS 2170286 26.11.1999

2. *Андрейчикова и др.* Композиция для покрытия Патент на изобретение RUS 2071492

3. *Андрейчикова Г.Е., Ефремов Н.Ф., Блинова Н.К.* Композиция для износостойкого покрытия Патент на изобретение RUS 2071968

4. *Поляков В.П.* Развитие информационной подготовки в контексте стратегии национальной безопасности Российской Федерации Наукоград наука производство общество. 2016. № 2. С. 46-51.

ФИКТИВНЫЙ КАПИТАЛ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТСТАЛОСТЬ СКВОЗЬ ПРИЗМУ ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Динец Д. А.

Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, ул. Чернышевского д.15
dinets_da@irgups.ru

Аннотация: Рассмотрены системные связи между технологической отсталостью, развитием техники, производительностью труда и денежным стандартом. Показано, что мировая зависимость от доллара строится на потребности США маскировать падение производительности труда без обращения к инфляции.

Ключевые слова: финансовый капитал, мировая финансовая система, инфляция, производительность, техника, технология.

Большинство работ, изобличающих пагубность финансового капитала в его виртуальных и фиктивных формах, напирают на вредность финансиализации, признанной еще Кейнсом в его знаменитой фразе о том, что трудно ждать от экономики хороших результатов, если производство становится побочным продуктом игр в казино. Отсюда, как представляется, пошло множество метафор о финансиализации, основным мотивом которых считается невозможность развития производства и промышленности, если большинство стратегических целей развития ставится и достигается в финансовой сфере, минуя производство, либо извлекая из него ресурсы.

Любые средства производства, если ставится задача во что бы то ни стало нарастить их мощность (скорость, частоту, грузоподъемность, даже прочность и т.д.), рискуют предстать в процессе общественного воспроизводства капитала источниками перераспределения прибыли от созданного (а иногда и не созданного) продукта в пользу финансовых рынков. И служат этому два взаимосвязанных механизма:

1) механизм высвобождения рабочей силы за счет замены ручного труда машинным без возможности последующего вовлечения высвобожденных работников в новые технологические процессы с более высокой производительностью труда и при постоянном росте технологической нормы замещения труда капиталом;

2) механизм создания «широких» денег – банковские операции, направленные на разрастание банковских балансов за счет проводимых ими кредитно-депозитных операций.

Поясним связь этих механизмов. Для начала нужно заметить, что тенденцией последних лет почти повсеместно является развитие техники при неизменности технологий. Колоссальные суммы инвестиционных затрат направляются на порой несущественные изменения в скорости передачи данных, четкости изображения, времени бесперебойной работы, мощности или точности оборудования и т.д. Микро-мир постепенно сменяется нано-миром, а в нем даже очень небольшие изменения считаются результатом. При этом инвестиционные затраты оправдываются, в числе прочего, сокращением рабочей силы, занятой в конкретном производственном процессе. Однако технология не изменяется, новых высокопроизводительных процессов не создается, а потому высвобожденная рабочая сила вынуждена «упрощать» свой труд, сокращать притязания на предмет заработной платы и, соответственно, уровень потребления. При этом нововведения, особенно те из них, что профинансированы за счет рыночных механизмов, стоят намного дороже тех, что им предшествовали, а значит, цена замещения труда капиталом возрастает непропорционально возросшей мощности техники.

В итоге постоянной борьбы за мощность техники производство средств производства растет опережающими темпами по сравнению с производством предметов потребления, что, опять-таки, сокращает уровень производительности труда, если измерять его в натуральных величинах. А если сокращается производительность труда, то сокращается прибавочная стоимость – единственный источник прибыли, которая, в свою очередь, теоретически должна перераспределяться на финансовых рынках за счет реализуемых на нем схем. Дальше в ответ на замедление производительности труда вновь предпринимаются попытки нарастить мощность техники, и

ситуация закручивается в мощную спираль, подогреваемую ценообразованием на предельную единицу этой самой мощности (скорости, точности и т.д.).

Кроме того, если новая техника не окупится в течение стандартного делового цикла при текущем уровне цен на производимый отраслью продукт при текущих темпах роста продаж, а, в особенности, если ее покупка профинансирована за счет привлечения извне финансового капитала, то можно с уверенностью говорить о том, что произошло «порабощение» основного капитала фиктивным. То есть, оборудование физически остается, но его характеристики, вроде упомянутых мощности и скорости, применимы только для наращивания цен на производимую продукцию, чтобы хоть как-то оправдать вложения в основной капитал и погасить принятые обязательства. И так будет всегда, если техника совершенствуется для высвобождения труда, но без соответствующего запроса, поступившего с рынков потребительских товаров. Иначе говоря, если на рынке намечается явный перекос в сторону спроса на некий товар конечного потребления, но для его производства недостаточно мощностей, то конструирование таких мощностей даст толчок экономическому росту. Если же «инициатива» исходит от средств производства, то за этим последует рост цен, расширение кредита, раздувание пузырей и прочие негативные спутники фиктивного капитала.

Фиктивный капитал подает неверные сигналы бизнесу, расширяя вложения в мощность техники без изменения технологий, и приводя к сокращению уровня выпуска и производительности и приводя к кризисам ликвидности в те периоды, когда увеличившиеся в своей массе капитальные вложения теряют value (рыночную стоимость), в результате чего их cost (стоимость создания, производства) оказывается невозмещаемой за счет выпуска и реализации конечной продукции.

Такие проблемы в отдельно взятой стране не должны вызывать беспокойства, однако поскольку речь идет о стране-эмитенте резервной валюты, возникает риск того, что за падение производительности в одной стране будут расплачиваться все остальные. Еще одной угрозой можно считать копирование модели активного финансирования за счет кредитных ресурсов вложений в основные фонды и инфраструктуру, которое активно происходит сейчас и во многих других странах, которые постепенно берут на себя ответственность за глобальный экономический рост.

«Всеядность» фиктивного капитала, номинированного в долларах, поистине впечатляет: за счет постоянного роста капитальных затрат в «современность» оборудования и инфраструктуры (слово «модернизация» считаем в этом контексте неуместным) экономики всех стран наполняются притязаниями на доллары в виде записей по банковским счетам, которые, в свою очередь, аннулируются в течение нескольких секунд.

Действительно, сейчас много и часто говорится про печатный станок ФРС и его экстраординарные способности к нанесению вреда мировой экономике. Однако если посмотреть на динамику обращения монет и банкнот ФРС, то эта сумма (1,531 трлн. Долл.) несопоставима с денежными оборотами в долларах, осуществляемыми в течение одного торгового дня только на площадке Forex.

При этом только международных резервов, номинированных в долларах, по состоянию на начало 2018 года было накоплено на 6,3 трлн., остатки задолженностей по выпущенным обеспеченным долларовым обязательствам на ту же дату составили 10,8 трлн. долл., непогашенные долларовые облигации составили 6,28 трлн. долл., а международные кредиты – 4,3 трлн[34]. И все это только за пределами США – в международных операциях. Если же прибавить к этому значению накопленный в США долг, номинированный в долларах, учесть квадриллионный рынок деривативов и рынок Forex, дневной оборот на котором составляет 5,6 трлн. долл., а большая часть операций (более 80%) осуществляется на пары валют с участием доллара, то 1,531 триллионов физически напечатанных долларов окажется явно недостаточно для обслуживания такого числа трансакций.

Виртуальный характер долларового обращения в контексте проведенного нами анализа важен с той точки зрения, что сокращение производительности на фоне деградации технологий посредством долларового канала распространяется по миру вместе с ответственностью за столь нерациональное поведение. Интересы транснациональной экономики в долларовом пространстве состоят в том, чтобы попытаться переложить на другие страны часть издержек (cost), но при условии присвоения value (рыночной стоимости создаваемых объектов). И для этой цели фиктивный капитал вполне приемлем. За счет записей на счетах создаются банковские депозиты в странах, несущих капитальные затраты, затем за счет и на базе этих депозитов в указанных странах расширяется кредитование, стимулируя некий локальный бум и рост объемов торговли, что ведет к еще большему увеличению издержек производства средств производства и инфраструктуры для обслуживания несуществующего фиктивного капитала. Затем продукция этих отраслей используется для создания продукции, которая

[34] *The international role of euro, June 2018 – Statistical annex*

по рыночным ценам (создавая value) поступит в оборот транснациональных компаний – основных провайдеров фиктивного капитала. Вскоре (или не очень) спрос на эту продукцию естественным образом снизится, что приведет к сокращению value. Но при этом в странах – носителях капитальных затрат останутся производственные мощности, инфраструктура и высвобожденные рабочие места, иными словами, останутся невозмещаемые cost, отягощенные долларовыми кредитами. И эти страны потянутся на финансовые рынки США за новым финансовым капиталом – новыми записями на виртуальных счетах.

При этом записи на виртуальных счетах в таких обменах чаще всего противостоят реальным ресурсам, затраченным в строительстве «городов-призраков». В этом контексте считаем нужным отметить, что при реализации любого инвестиционного проекта, особенно, инфраструктурного, экономическая оценка должна строиться исключительно на оценке коммерческой эффективности с точки зрения торговли конечным продуктом на основе реальной оценки потребности рынка в таком продукте.

После кризисов 2000-2001 гг. американская экономика была знакома с рисками наращивания cost, которые никогда не окупятся без инфляции и фиктивного капитала. Если наращивать cost в своей стране, то в момент схлопывания кредитного пузыря придется физически печатать деньги, чтобы избежать острых социальных конфликтов. А это чревато инфляцией, которую не удастся скрыть. По этой причине затраты на развитие техники в ущерб технологии должны принимать на себя другие страны, но для этого в них создаваться базис долларовый базис – такова современная глобальная и сильно искаженная интерпретация первоначального накопления капитала ТНК. И эта интерпретация дает понимание глобальной экспансии виртуальных долларовых счетов.

Также нужно сказать о роли ТНК в борьбе фиктивного капитала против новых технологий и роста производительности. Для подавления международной конкуренции активно поддерживаются ТНК, проводящие политику долларизации в мире, и обменивающие притязания на доллары на то, что другие страны берут на себя cost. ТНК приносят с собой финансовый капитал. Обосновавшись, он начинает обзаводиться основными средствами, нанимает работников и т.д. Проводя брендоориентированную ценовую политику на международном рынке, ТНК присваивают value, не давая при этом развиваться технологиям и избавляясь от высокопроизводительного труда и заменяя его автоматизированным. Кроме того, у ТНК существует резерв конкурентоспособности за счет расширенного доступа к финансовому капиталу.

Цель представленного анализа не в отрицании какой-либо валюты или модели промышленной или денежно-кредитной политики, напротив, речь должна идти о возможности выработки такой национальной политики, которая позволит противостоять направлениям, задаваемым фиктивным капиталом. В частности, развитие экономики должно опираться на расширение внутреннего рынка и в части спроса, и в части предложения. Проекты же по строительству, росту мощности уже имеющегося оборудования, автоматизации ручного труда (как цель, а не как средство), развитию транспортной инфраструктуры для транзитных перевозок – это добровольные рентные отношения с фиктивным капиталом.

Литература

1. *Ротбард М.* Государство, деньги и центральный банк. – М. : Социум, 2016. – 308 с.
2. https://tradingeconomics.com/united-states/capacity-utilization
3. https://www.bls.gov/opub/mlr/2018/article/multifactor-productivity-slowdown-in-us-manufacturing.htm

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ГИПОТЕЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ РЕГИОНОВ (НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВА)[35]

Есикова Т.Н., Гордин М.С.

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Россия, г. Новосибирск, улица Пирогова, 1

T.N.Yesikova@gmail.com, gordin.ms@gmail.com

Аннотация: Рассмотрены целесообразность и перспективность использования современных технологий обработки больших неструктурированных потоков данных для генерации рабочих гипотез регионального развития. Предложены алгоритмы генерации гипотез по информационным потокам интернет-пространства для оценки усиления/ослабления пространственной асимметрии и неоднородности.

Ключевые слова: построение гипотез, алгоритмы, информационные потоки, анализ интернет-пространства, территориальные экономические системы, регионы, пространственная неоднородность, асимметрия.

Введение

Глобализация экономического пространства обусловливает усиление внимание к проблемам неравномерности, асимметричности экономического развития отдельных стран и их регионов. Это сопряжено с тем, что превышение порогового уровня дифференциации развития регионов (макрорегионов, стран) имеет критическое значение не только для сохранения суверенности отдельных территориальной системы, но и стабильности глобальной экономики. Именно неоднородность экономического пространства, усиление дифференциация внутри него рассматривается как один из основных вызовов и угроз экономической безопасности [1].

Для выявления таких угроз и рисков недостаточно опираться на официально декларируемые цели и задачи стратегий и программ развития, заявленных в них темпов развития. Во-первых, потому они носят индикативный характер и редко выполняются на практике. Во-вторых, стандартные процедуры их разработки, опираются на предыдущий опыт. Это приводит к недоучету новых реалий и появления возможностей развития. В-третьих, из внимания выпадают альтернативные варианты изменения совокупных мощностных потенциалов территориальных систем.

Все это приводит к усилению неоднородности экономического пространства, обострению противоречий и возникновению кризисных ситуаций. Это можно было бы избежать, расширив возможности инструментария построения предварительных, за счет использования технологий обработки информационных потоков.

1 Общая характеристика подходов

К выявлению рисков усиления пространственной неоднородности и неравномерности развития территориальных экономических систем (макрорегионов, стран, отдельны регионов) можно подходить с различных сторон.

Эмпирические эконометрические модели. В данном случае представляют интерес работы, связанные с анализом влияния экономики знаний, которые показывают не только возможности ускорения развития территориальной системы в целом, но и локальных региональные изменения. Именно экономика знаний рассматривается как движетель на современном этапе развития.

Аппарат эмпирических эконометрических моделей панельной регрессии с фиксированными эффектами и с набором гипотез о роли разных факторов [1] ориентирован на детальный анализ влияния различных сегментов экономики знаний. Исследования базируются на данные статистики по 80 российских регионов. В частности были сконструированы и проверены гипотезы влияние на динамику роста ВРП в целом (и на душу населения) таких факторов, как

а) увеличение затрат на финансирования науки, высшего образования и здравоохранения в том или ином регионе;

б) принятие решения о перетоке финансовых ресурсов между регионами и сегментами экономики знаний (наука, высшего образование, здравоохранение);

в) принятие решения о перетоке знаний между высшими учебными заведениями регионов; и др.

[35] *Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ/РНФ в рамках научного проекта № 17-02-00060-ОГН*

Такого типа исследования создают базу для построения гипотез о возможных сценариях развития страны и открывающихся возможностях для изменения позиций страны, благодаря росту ее совокупной мощи.

С другой стороны, существует мощный информационный пласт с накопленными знаниями о возможных изменениях мирохозяйственной системы в целом, отдельных территориальных экономических систем разных уровней иерархии. В нем в той или иной форме содержатся а) прогнозы официальных структур экономического профиля, б) прогнозы мозговых центров, всевозможных аналитических и исследовательских организаций, и т.п.; в) прогнозы аналитиков, экспертов, отдельных исследовательских групп; г) журналистские расследования и т.п.

Этот пласт информации может содержать ценную информацию для понимания степень угроз, всевозможных рисков для страны при сохранение или усилении неоднородности (неравномерности) пространственного развития страны. Однако необходимая информация для оценки уровня риска не всегда содержится в готовом (цифровом) виде. Ее можно извлечь из смыслового контекста, по эмоциональной окраске того или иного фрагмента информации. Все это предполагает использование специальных технологий, как для извлечения информации, так и для ее перевода в количественные параметры(«цифровизации»).

Наиболее подходящими для обработки этого мощного информационного пласта (информационных потоков) является методы и инструментарий обработки Big Data.

При этом очевидно, что интересующие нас информационные потоки не растут с такой же скоростью, как и весь поток информации в интернет-пространстве. По размерам они существенно меньше, но это все равно большие объему массивы абсолютно разнотипной информации (несколько десятков гигабайтов**)**. Так, поиск в Google по запросам о темпах роста это информации порядка 30 ГБ (темпы роста регионов России - 8 млн. результатов, темпы роста ВРП регионов России - 10 млн. результатов, темпы развития России до 2030 - 8 млн. результатов), по запросам о неравномерности и асимметричности экономического развития страны – 44 ГБ и т.п.

Со временем объем и размерность этих потоков не только не уменьшается, а, наоборот увеличивается. Эти объемы информации нужно а) обработать качественно и быстро и б) извлечь из них для анализа необходимую и достаточную информацию для поставленных целей исследований. Это требует разработки специального инструментария, ориентированного на данный тип задач.

2 Использование латентно-семантического анализа и алгоритмов анализов текстов для конструирования гипотез

Существует множество разработок, связанных с анализом текстов и довольно развитый инструментарий [2 - 7]: в том числе представляющих интерес с позиции нашего исследования: извлечение ключевых слов (AskNet, TerMine, TextAnalyst и др.), анализ тональности (BrandSpotter, Eureka Engine, TextBlob и т.п.), морфологический анализ: AskNet, RussianPOSTagger, Solarix и др.). Использование их (даже в комбинации) для целей нашего исследования затруднительно. Во-первых, потому что некоторые пакеты не имеет поддержку русского языка(TerMine), а использование других требует получение коммерческой лицензии (Eureka Engine, TextAnalyst, AskNet). Во-вторых, даже комбинированное их использование не покрывает всех стоящий на данном этапе исследований задач.

Притягательность метода латентно-семантического анализа (ЛСА) сопряжена с тем, что он во-первых, предназначен не просто для выявления значений слов, а с учетом того контекста, в котором они используются. Второе: ЛСА ориентирован на обработку больших текстовых массивов информации. При этом модель представления текста, которая задействована в латентно-семантическом анализе, воспроизводит логику восприятия этого текста самим человеком. В качестве исходной информации выступает матрица индексируемости, которая описывает частоту терминов, встречающихся в данной коллекции анализируемых документов: столбцы это документы в коллекции, строки – термины.

Для анализа инфопотока с целью извлечения из них значимой информации и конструирования на ее основе гипотез о возможных темпах развития отдельных территориальных систем предлагается следующая логическая схема:

Этап 1. Формирование перечня ресурсов для извлечения исходных данных с последующим формированием лексикографического пространства мирохозяйственной системы.

Этап 2. Приведение данных к форме, пригодной для алгоритма формирования (на базе анализа информационных потоков) множества ключевых слов, используемых для характеристики геоэкономических сдвигов.

Этап 3. Разработка алгоритма оценки влияния сдвигов мирохозяйственной системы на базе информационных потоков источника.

Этап 4. Настройка базы знаний:

- формирование набора ключевых слов (нулевого уровня) и связных с ними слов (ключевые слова 1-го и 2-го уровня), по которым можно судить о наличии в инфопотоке (статье, фрагменте статьи) информации о тенденциях развития территориальных систем;
- оценки тональности ключевых слов в контексте,
- формирования набора правил для учета зависимости тональности от контекста публикаций.

Этап 5. Оценка работоспособности формализованных алгоритмов прогнозирования.

Этап 6. Корректировка алгоритма, словарей и правил на основе результатов предыдущих этапов.

Этап 7. Проектирование гипотезы и проведение сценарных расчетов по источнику.

Для исчисления итоговой оценки учитывается семантическая близость связанных слов. на базе семантической близости. Данное множество можно сформировать на базе словарей и анализа сопоставимых корпусов текстов.

Основные предположения предлагаемого подхода следующие: слова всегда можно понять из контекста; для того, чтобы найти семантически схожие слова, необходимо найти слова, которые употребляются в таком же контексте; семантическая близость между двумя сущностями может изменяться, что обусловливается изменением корпусов текстов, а также словарей. Способ вычисления семантической близости, основан на предположении, что семантически близкие термы употребляются в одинаковых или схожих контекстах.

При расчете семантической близости может использоваться не только связность между словами в контексте, но и подходы к вычислению семантической близости, базирующиеся на вычислении расстояний между словами в известной семантической сети WordNet. Для получения более широкой картины целесообразно использование специального алгоритм анализа текстов с учетом специфики предметной области, особенностей подачи материала авторами и источниками.

Заключение

Начата разработка алгоритмов генерации гипотез по информационным потокам интернет-пространства для оценки усиления/ослабления пространственной асимметрии и неоднородности были апробированы. Предварительные экспертные расчеты подтвердили целесообразно использования методов и инструментарий обработки Big Data для построения рабочих гипотез развития территориальных систем и подходов к оценкам потенциальных рисков.

Литература

1. *Унтура Г.А., Морошкина О.Н.* Оценка динамики экономического роста: влияние компонентов экономики знания регионов РФ // XX Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества. 9-12 апреля 2019 г. Москва [Электронный ресурс] : Программа секций / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», Всемирный банк. - : НИУ ВШЭ, 2019. - Сессия S-08. Наука и инновации: количественные оценки. - Режим доступа (29.04.19) [9 с.]. Электронный ресурс (pdf)

2. *Клековкина М. В., Котельников Е. В.* Метод автоматической классификации текстов по тональности, основанный на словаре эмоциональной лексики // Тр. 14-й Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL-2012. Переславль-Залесский, 2012, с. 81–86.

3. *Пазельская А. Г., Соловьев А. Н.* Метод определения эмоций в текстах на русском языке // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам ежегодной Международной конференции «Диалог» (Бекасово, 25–29 мая 2011 г.). М.: Изд-во РГГУ, 2011. Вып. 10 (17). с. 574–586.

4. *Маннинг К., Рагхаван П., Шютце Х.* Введение в информационный поиск. М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2014. 528 с.

5. *Балашов О.В., Круглов В.В.* Подход к извлечению продукционных правил для систем поддержки принятия решений. [Электронный ресурс]: //URL: http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-12-html/borisov/balashov-2/balashov-2.htm.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ФОРМАЛЬНЫХ ИНСТИТУТОВ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ

Зенина Н.Н.

Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ),
Россия, г. Москва, ул. Образцова д.9
znn1@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрена роль формальных институтов в ОАО «РЖД». Как формальный экономический институт рассмотрен с позиций институционального подхода элемент системы управления-регламент. Для оценки качества регламента выполнено структурное моделирование по пяти факторам. Приведена методика анализа регламентов и результаты анализа по управлению персоналом Московской железной дороги.

Ключевые слова: Регламент, модель, ОАО «РЖД».

Введение

Железнодорожный транспорт России с 2003 года находится в состоянии реформирования. В 2003 году была создана крупнейшая транспортная компания мира- Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). За шестнадцать лет произошли значительные изменения в производственной структуре компании.

Как отмечают Бланчад О. и Кремер М. в работе «Дезорганизация», всякая трансформация приводит к дезорганизации системы, усугубляя издержки адаптации [1].

Для снижения дезорганизации, а, следовательно, и, уровня вариативности, основное значение имеют характеристики регламентов деятельности компании. Регламент – документ, фиксирующий рациональные методы и правила деятельности подразделений организации, приводящие к достижению целей организации.

Может ли устаревший регламент выполнить свою основную задачу – упорядочивание деятельности организации? Ответ зависит от возможности изменения регламента для регулирования деятельности организации в соответствие с текущей ситуацией. Именно эта его способность определяет качества регламента. В этом случае, оценка качества регламента имеет ключевое значение для определения эффективности управления организации.

Исследование качества регламента с позиций новой институциональной экономической теории представлено в настоящей статье.

1 Методы измерения институтов

1.1 Теоретические подходы к измерению институтов

Формирование, трансформация и взаимодействие институтов в рамках отдельной фирмы рассмотрены в работах лауреата Нобелевской премии О. Уильямсона. Им выстроена схему правил, актуальная для любых социальных систем. В соответствии с данной схемой мы рассматриваем регламент как формальный экономический институт.

«Формальный института», как понятие, в научной литературе является объектом дисскуссии. Коллектив авторов под руководством А.А. Аузана считает, что основной характеристикой формального института является, то, что принуждение правила к исполнению является специализированной деятельностью гаранта [2]. Мы разделяем позицию Д. Норта: «Институты представляют собой сконструированные людьми ограничения, которые структурируют человеческие взаимодействия. Они состоят из формальных ограничений (например, правил, законов, конституций), неформальных ограничений (например, норм поведения, конвенций, самоустанавливающихся кодексов поведения) и механизмов принуждения их к исполнению» [3]. Из данного определения следует, что, формальным является институт, имеющий форму документа, зафиксированный письменно и утвержденный в установленном в организации порядке.

Базовые принципы оценки институтов разработал Voigt S. Они получили положительную оценку научного сообщества. Voigt S отмечает, что 1. Измерители институтов должны относиться к отдельным институтам, поскольку такие агрегатные меры, как «верховенство права», слишком широки и расплывчаты, чтобы содержать осмысленную информацию; 2. Необходимо всегда различать измерения институтов как формально специфицированных в законодательстве (de jure) и как фактически функционирующих (de facto); 3. Объективные измерители в целом предпочтительнее субъективных оценок [4].

1.2 Модель формального института

В настоящей работе предлагается использовать структурный подход к оценке качества регламента, как формального института транспортной компании.

В структуре института выделяют следующие элементы:

- ситуация, в которых действует правило и определяющая условия его выполнения;
- адресат, т.е. индивид или группа индивидов, к которым относится правило;
- правило, запрещающее, разрешающее или предписываемое;
- санкции, накладываемые на адресата за неисполнение правила;
- гарант санкций - субъект, применяющий санкции к адресатам, нарушающим правила.

Представим качество института как функцию на основании того, что существует прямая зависимость этого параметра от составляющих его элементов:

(1) $R= f (Y; I; A; S; G)$

Где:

R- качество регламента или формального института;

Y- переменная, учитывающая влияние характеристики ситуации;

I – переменная, учитывающая влияние характеристики адресата;

A – переменная, учитывающая влияние характеристики правила;

S – переменная, учитывающая влияние характеристики механизма санкций;

G – переменная, учитывающая влияние характеристики предписанных действий гаранту санкций.

Функция может быть представлена как линейная зависимость от перечисленных выше переменных. Тогда она может иметь следующий вид:

(2) $R = \alpha_1 Y + \alpha_2 I + \alpha_3 A + \alpha_4 S + \alpha_5 G$

Где: α_{i} – вес влияния фактора.

При этом

(3) $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 1$

Весовые коэффициенты выделенных факторов определяются экспертным методом.

В результате, построена эконометрическая модель, которая обеспечивает оценку качества регламента через оценку качества его элементов.

2 Апробация модели формального института

Данной модель была использована для оценки регламентов управления персоналом Московской железной дороги.

Для апробации структурной модели оценки регламента, мы исследовали регламент взаимодействия по процессу №2 «Обеспечение персоналом».

Первый этап оценки качества регламента- осуществление экспертного опроса.

В состав экспертной группы были включены работники службы управления персоналом Московской железной дороги в составе 9 человек, а также руководители структурных подразделений управления персоналом линейных предприятий Московской железной дороги в составе 15 человек.

Опрос осуществлялся в два этапа. Первый этап- оценка степени выполнения регламента. Диапазон от 80 до 100% характеризовал высокую степень выполнения регламента; если выполнение регламента оценивалось от 50 до 80%, это характеризовало средний уровень; низкий уровень оценки- от 30 до 50%; регламент не выполняется- ниже 30%.

Из 34 функций управления персоналом Регламента было отмечено только 11 функций, которые выполняются. По составу функций выполнение регламента только на 34%, что по шкале, приведенной выше, соответствует низкой степени выполнения регламента. При этом, семь из 11 функций выполняются только на уровне службы управления персоналом. Только 4 функции из 34 выполняется на уровне линейных предприятий, по взвешенной оценке степень выполнения регламента составляет 16,4%, самый низкий уровень оценки регламента- «не выполняется».

На втором этапе в экспертном опросе выявлялась степень влияния на уровень качества регламента каждого из пяти вышеперечисленных факторов, включенных в структурную модель формального института *(2).* Такой анализ проводится для выявления точек «блокировки», что позволяет осуществить перепроектирование института.

Для анализа выборки использовались статистические методы, а именно, показатели средних взвешенных оценок, дисперсии, среднего квадратичного отклонения, коэффициента вариации.

Средние взвешенные экспертные оценки по каждому показателю позволяют построить функцию, характеризующую качество формального института.

(4) R = 0, 243 Y + 0,214 I + 0, 291 A + 0, 128 S + 0,124 G

Как следует из модели, регламент имеет низкие оценки в формулировке правил взаимодействия, а также в описании ситуации и определении адресата.

Данная функция (4) является функцией пяти переменных, при этом каждая из них соответственно может быть представлена в виде функции.

Например, рассмотрим функцию доминирующей составляющей по мнению экспертов-характеристику правила института.

Для определения значений данной характеристики мы воспользовались балльным методом. При этом эксперту предлагалось ответить на ряд вопросов, целью которых являлась характеристика правила. В проведенном исследовании экспертам предлагался опросник из 20 вопросов.

Эксперту предлагалось оценивать указанные факторы (за каждый за отрицательный ответ-0 баллов, за утвердительный ответ-1 балл,) далее полученные оценки были просуммированы, что позволило определить интегральный показатель качества правила в исследуемом формальном институте. . В результате статистической группировки были получены 5 групп.

Правила, не охватывающие все аспекты взаимодействия сторон, вошли в первый интервал. В этом случае отсутствуют способы обеспечения действенности ограничений. При этом формальный институт фактически не работает, он обрастает регулярными практиками, представляющими собой неформальные институты, которые позволяют обеспечить реализацию процессов организации в соответствии с текущими условиями и возможностями.

Правила, сконструированные с «блокировками», нарушающими интересы одной из сторон, вошли во второй интервал. Такие блокировки мы выявили при исследовании формальных институтов взаимодействия с аутсорсинговыми компаниями, а также институтов взаимодействия со смежными подразделениями.

Правила, которые требуют актуализации попадают в третий интервал. В проведенном исследовании именно в эту группу попала большая часть характеристик регламента «Обеспечение персоналом». Регламент не соответствует деловой практике управления персоналом в компании и не выполняется исполнителями, несмотря на то, что он принят в 2014 году.

Эффективные правила включают четвертый и пятый интервалы.

Предложенная структурная модель для оценки регламента может быть использована для анализа составляющих элементов формального института с использованием факторного анализа, выявления доминирующих элементов, определения блокировок в использовании института, а также при перепроектировании институтов в целях формирования эффективной институциональной среды в организации.

Литература

1. *Blanchard O., Kremer M.* Disorganisation. Pre-print, MIT and NBER, October 1996.
2. Институциональная экономика: Новая институциональная экономическая теория. / Под ред. Аузана А.А.- 2-е изд.-М.: Инфра-М, 2011. - 447с.
3. *North D.C.* Economic Performance through Time //American Economic Review. 1994. Vol. 84. No. 3. P. 361.
4. *Voigt S.* How (not) to measure institutions. University of Marburg. Joint discussion paper series in economics, No.2009, 37.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ИНСТИТУТОВ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ

Зенина Н.Н., Зенин Р.Е.

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)),
Россия, г. Москва, ул. Образцова д.9.
znn1@yandex.ru, zre717@gmail.com

Аннотация: В статье рассмотрена методика фокального группового интервью, как метода исследования экономических институтов транспортной компании на примере ОАО «РЖД». Проведен анализ существующих подходов к исследованию институтов организации. Описаны критерии верификации полученных данных. Описан состав экспертной группы руководителей транспортной компании, принявших участие в фокальном интервьюировании.

Ключевые слова: Экономические институты, транспортная компания, экспертные методы, фокальное групповое интервью.

Введение

Развитие новой институциональной экономической теории (НИЭТ) за последние 50 лет привело к переосмыслению роли социальных взаимодействий в традиционной экономической теории вообще, и в теории фирмы, в частности.

НИЭТ основывается на принципе методологического индивидуализма, в соответствии с которым «…единственным субъектом, способным ставить цели, иметь интересы, является индивид. Семья, группа, общество, государство не обладают какими-то собственными целями и интересами, отличными от целей и интересов составляющих их индивидов» [1, стр.14]. В борьбе за достижение собственных целей индивиды вынуждены взаимодействовать друг с другом, обмениваясь друг с другом правами, т.е. осуществляя трансакции. Правила взаимодействия индивидов в процессе совместной деятельности, имеющие механизм принуждения к исполнению, называются институтами. Нобелевский лауреат по экономике Д. Норт отмечал: «… я рассматривал институты как ключ к пониманию экономики, потому что они создают структуру экономических стимулов.» [2, стр. 8].

Железные дороги всегда были объектом внимания экономистов- историков. Р. Коуз, А. Чандлер, О. Уильямсон и другие авторы отмечали, что само появление и развитие железнодорожного транспорта вызвали грандиозные организационные нововведения.

Целью данной статьи является разработка экспертных методов анализа институтов компании на примере ОАО «РЖД».

1 Методы анализа институтов

1.1 Предмет институционального анализа в транспортной компании

Прежде всего определимся с предметом анализа. Какие именно институты мы анализируем?

В фокусе нашего внимания экономические институты, определяющие формы организации хозяйственной деятельности, в рамках которых принимаются решения об использовании ресурсов компании.

Институциональный анализ компании осложняется тем, что наряду с формальными институтами в организации всегда присутствуют институты неформальные. Само определение формальных и неформальных институтов до сих пор остается предметом дискуссии. Ряд авторов считают, что признаком формального института является гарант, который специализируется на принуждении к исполнению данного правила. Другие исследователи, например, Д. Норт, относят к формальным институтам письменно зафиксированные правила. Не вдаваясь в дискуссию, отметим, что при анализе институтов ОАО «РЖД» мы столкнулись с методологическими проблемами использования первого определения. В [5] мы анализируем изменение институтов в путевом хозяйстве ОАО «РЖД» в связи с переводом на аутсорсинг транспортных услуг. В [6] мы рассматриваем институциональные блокировки при выводе из структуры бизнес-процессов локомотивного хозяйства ОАО «РЖД» ремонта локомотивов. И в первом, и во втором случаях мы наблюдали ситуацию, в которой формальные институты, зафиксированные в контрактах между ОАО «РЖД» и аутсорсинговыми компаниями, имели специализированного гаранта санкций, но для урегулирования конфликтных ситуаций к его услугам компании не прибегали.

Любой формальный институт рано или поздно, в большей или меньшей степени «обрастает» институтами неформальными, которые обеспечивают адаптацию организации к меняющимся условиям среды. Поэтому, рассмотрение отдельно формальных и неформальных институтов не имеет смысла. Итак, предметом нашего исследования являются экономические формальные и неформальные институты ОАО «РЖД».

1.2 Методические подходы к анализу институтов организации

Для обеспечения репрезентативности данных необходимо корректно определить состав экспертной группы. В результате опыта проведения экспертных опросов руководителей и специалистов компании мы пришли к выводам, что для анализа институтов ОАО «РЖД» экспертная группа должна соответствовать следующим требованиям:

1. Экспертная группа должна формироваться из числа руководителей компании. Руководители в ежедневном режиме принимают решения в той институциональной среде, которая сложилась в компании, лучше знают ее возможности и блокировки. Институциональное поле деятельности специалистов ограничено той функциональной областью, в которой они работают.
2. Группы экспертов необходимо формировать либо из состава линейных руководителей, либо из состава руководителей функциональных подразделений. Линейные руководители несут ответственность за конкретные производственные функции и для их реализации

задействуют разные группы ресурсов. Следовательно, состав экономических институтов, который они используют в своей регулярной деятельности, наиболее полон. Особенностью транспортной компании является то, что линейные предприятия специализируются на частичных функциях и являются внутренними клиентами и поставщиками относительно друг друга за немногим исключением, например, предприятий Центральной дирекции движения. Формирование экспертных групп из линейных руководителей с учетом специализации (путевое хозяйство, тяга, вагонное хозяйство и т.п.) позволяет включить в анализ институты взаимодействия (координации) смежных служб. Для анализа институтов в определенной функциональной области, например- управлении персоналом, целесообразно формировать группы из руководителей данных функциональных подразделений. Смешанные группы малопродуктивны, поскольку подразделения используют разные институты и имеют разные целевые установки.

3. Включение в экспертную группу линейных руководителей разных уровней иерархии, например, линейных предприятий и дирекций, позволяет выявлять иерархию институтов, причинно- следственные связи и, в целом, дает более полную картину институциональной среды холдинга.
4. В экспертные группы необходимо включать руководителей с разного дорог холдинга. Всего в составе холдинга 16 дорог- филиалов ОАО «РЖД». Для снижения уровня неопределенности в технологическом процессе их деятельность унифицирована в соответствии с утвержденными стандартами- формальными институтами. Однако, неформальные институты могут отличаться. Анализ причин и следствий таких отклонений в каждом конкретном случае позволяет выявить направления потенциально эффективных институциональных изменений.
5. Для оценки отношения размеров выборки и ошибки выборки мы считаем возможным использовать расчеты института Гэллапа: при 600- 5%, при 1000-4%.

2 Фокальное групповое интервью как метод анализа институтов транспортной компании

В соответствии с критериями отбора методов анализа институциональной среды ОАО «РЖД» для наших целей исследования лучшим образом подходят фокус-групповые дискуссии (фокусированное групповое интервью). Р. Крюгер определил фокус-группу как тщательно распланированную дискуссию, предназначенную для получения мнений по определенной теме в неугрожающей, доверительной обстановке. Доверительность во многом обеспечивается за счет гомогенности группы, т.е. однородности состава участников. Р. Крюгер подчеркивает, что «гомогенность способствует установлению и поддержанию позитивного социально- психологического настроя участников, у них возникает ощущение комфорта, некой защищенности в среде таких же, как и они, людей» [7, с. 51]. Принцип гомогенности обеспечивается в результате выполнения требований к формированию экспертной группы, описанных нами выше. При этом, правильно выстроенное фокусированное групповое интервью позволяет не только провести дескриптивный анализ институтов компании[36], но и провести нормативный анализ, направленный на проектирование институтов.

Фокусированное групповое интервью может быть проведено в формате стратегической сессии, деловой игры, в том числе с использованием физических моделей, мозгового штурма по построению карты потока создания ценности и анализа его блокировок и т.п. Формат стратегической сессии позволяет провести анализ внешней и внутренней институциональной среды, накладывающей ограничения на деятельность холдинга в целом или отдельных его структурных подразделений. Формат анализа карт потока создания ценности позволяет детально рассмотреть совокупность институтов, оказывающих влияние на конкретные производственные процессы структурных подразделений. Имитационное моделирование с использованием физических моделей позволяет детально рассмотреть и обсудить основные проблемные ситуации в компании, определить структуру институтов, провести их анализ и выработать решения по направлениям потенциальных изменений.

В соответствии с представленной методикой в 2016 году был проведен экспертный анализ экономических институтов ОАО «РЖД».

В состав выборки были включены 669 человек. Из данной выборки формировались гомогенные фокус - группы численностью от 12 до 20 человек.

---

[36] *Дескриптивный институциональный анализ исследует существующие и существовавшие институты организации.*

Таким образом, и по структуре выборки и по ее численности были соблюдены все основные требования для обеспечения репрезентативности исследования. Из выборки были сформированы 48 фокус - групп, с каждой из них было проведено три интервью в разных форматах- стратегической сессии, анализа бизнес- процессов с использованием картирования, а также по анализу и проектированию институтов в основных проблемных ситуациях. Таким образом за год было проведено 144 интервью.

В фокус - группах исследовались экономические институты по основным бизнес- процессам в разных хозяйствах транспортной компании, обеспечению безопасности, обеспечению охраны труда, взаимодействию с аутсорсинговыми компаниями, взаимодействию смежных подразделений, координации деятельности в холдинге по вертикали.

Таким образом, фокусированное групповое интервью в гомогенных группах экспертов является эффективной методикой выявления и анализа институтов организации и их трансакционных издержек. Также данная методика подходит для нормативного анализа институтов и может быть использована для проектов институциональных изменений.

Литература

1. Институциональная экономика: Новая институциональная экономическая теория. / Под ред. Аузана А.А.- 2-е изд.-М.: Инфра-М, 2011. - 447с.
2. Норт Д. Понимание процесса экономических изменений. - М.: Изд. Дом Гос. ун- та- Высшая школа экономики, 2010. - 256 с.
3. *Коуз Р.* Фирма, рынок и право. - М.: Новое издательство, 2007. -224с.
4. *Уильямсон О.И.* Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношенческая» контрактация. - СПб.: Лениздат, CEVPress, 1996. -702с.
5. *Зенина Н.Н., Зенин Р.Е.* Институциональные факторы динамики производительности труда в бизнес-процессах ОАО "РЖД». // Повышение производительности труда на транспорте- источник развития и конкурентоспособности национальной экономики. Труды международной научно- практической конференции. - М.: МГУПС (МИИТ), 2016. М.: АРТ-Бизнес-Центр, 2016. с. 106-110.
6. *Зенина Н.Н.* Исследование институциональных блокировок в бизнес- процессах ОАО "РЖД" на основе карт потока создания ценности. // Мир транспорта. 2016, № 6. с.230-242.
7. *Крюгер Р., Кейси М.Э.* Фокус-группы. Практическое руководство.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 256с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕГО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ С НЕОДНОРОДНЫМИ УЧАСТНИКАМИ

Зиндер Е.З.

НКО «Фонд поддержки системного проектирования, стандартизации и управления проектами» (Фонд «ФОСТАС»),г. Москва

ezinder@fostas.ru

Аннотация. Рассмотрена поддержка недирективных способов управления крупномасштабными сетевыми системами (КСС), опирающегося на динамичные неиерархические связи между участниками КСС. Предложены модели общих элементов – фундамента самоорганизации участников в КСС на основе их естественных отношений, погружение этих моделей в пространство, обеспечивающее измеримость в КСС.

Ключевые слова: крупномасштабная сетевая система; недирективное управление; социально-экономическое пространство; поле социально-экономических отношений; управление компетенциями

Введение

С конца XX века отмечаются проявления двух противоположных тенденций:

- рост масштаба крупномасштабных систем за счет роста глобальности охватываемых ресурсов (в том числе, с замещением свободных рынков совокупностью ТНК),
- торможение роста и даже уменьшения масштаба действий таких деловых систем за счет национальных и региональных ограничений вплоть до усиления актов недобросовестной конкуренции.

В этих условиях большое внимание уделяется одной из форм крупномасштабных систем – социально-экономическим кластерам, особенно кластерно-сетевым структурам, составляющим «сеть взаимосвязей и взаимодействий структурных элементов региональных экономик сопряжённых

территорий как внутри, так и вне кластеров» [1, с.48]. При этом такие сетевые структуры иногда рассматриваются чуть ли не как заменитель всех иерархических связей и решение всех проблем управления эффективным развитием крупномасштабных систем. По нашему мнению, проблема повышения эффективности деятельности крупных систем при этом сохраняется, хотя и приобретает другую форму. В любом случае она состоит в рисках принятия неточных или несвоевременных решений, которые растут с ростом сложности крупномасштабных систем и неопределенностью эффектов их деятельности при опоре и на иерархические, и на сетевые структуры и связи.

Тем не менее, сетевые системы действительно более приспособлены к динамичным изменениям, что важно в связи с повсеместным ростом информационной связности субъектов всех типов и уровней деятельности. В связи со сказанным, основным объектом данной работы являются крупномасштабные сетевые системы (КСС) регионального, отраслевого, национального и глобального масштаба, а также масштаба экосистем крупных предприятий. При этом под КСС здесь понимаются социально-экономические системы, будь то коммерческие, государственные или гибридные объединения и кооперации. Основным предметом рассмотрения являются сетевые отношения между участниками КСС (предприятиями, сообществами, индивидами), между КСС и её участниками, между участниками и разными КСС, а также между разными КСС.

Дальнейшее уточнение предмета исследования основано на следующих оценках:

- полноценное развитие КСС требует гармоничного сочетания иерархических и сетевых связей, методов директивного и мягкого управления, набор и способ сочетания которых могут ситуативно меняться;
- методы естественной самоорганизации и мягкого управления распространяются, но находятся на начальной стадии осмысления, требуют новых инструментов поддержки;
- операционная, а часто и институциональная независимость участников КСС во многих случаях исключает прямое директивное управление и свойственные ему иерархические связи;
- независимость участников КСС означает, в частности, что потенциальный участник КСС связан отношениями «поставщик-приобретатель» с переменным числом других разнородных субъектов социально-экономической деятельности.

1 Цели и задачи работы

Независимость участников КСС побуждает развивать средства решения проблем недостаточной эффективности управления развитием КСС в области улучшения и повышения эффективности добровольной кооперации и сотворчества участников. В связи с этим, данный доклад фокусируется на аспектах самоорганизации КСС, позволяющих участникам приходить к эффективной добровольной кооперации и сотворчеству. В качестве основной гипотезы принимается, что основной движущей силой в этом случае должны быть понимание и принятие участниками общих ценностей, поддерживающих гармоничное сочетание интересов участников, а также совместимость/непротиворечивость их целей с некоторыми интегральными конечными целями или эффектами деятельности.

С учетом сказанного цели доклада состоят в рассмотрении метода описания и анализа базового набора общих свойств (ценностей, целей, языка, и др.) участников, а также мягкого управления ими для управления развитием КСС. Иерархические связи не игнорируются, но рассматриваются как вводимые при необходимости, в том числе, в результате соглашений участников, закрепляющих их обязательства на определенный период времени.

В задачи данной работы входит:

- определение принципов формирования описаний рассматриваемых общих свойств участников разных типов, а также КСС в целом;
- формулирование референсных метамоделей указанных общих свойств, позволяющих на систематической основе для разных участников КСС выполнять корректное сравнение этих свойств;
- обсуждение набора управленческих задач, регулярное решение которых возможно на основе моделей указанных общих ценностей и целей и полезно для формирования взаимно дополняющих возможностей и общих интересов участников.

2 Используемые подходы и методы

Сложность КСС определяет необходимость работы в парадигме мультимодельного подхода, опирающегося на комплексы взаимосвязанных моделей. Учитывается инструментальный характер моделей, означающий необходимость обогащения референсных метамоделей деталями, которые требуются для решения конкретных задач управления. Эффективность КСС и управления ее

развитием трактуется как эффективное достижение принятых в КСС и его среде ценностей-целей с учетом необходимости динамического формирования цепочек процессов по достижению измеримых конечных целей, по получению определенных выходов бизнес-процессов.

Создание общего для субъектов – участников КОС включает в себя предоставление участниками в качестве выходных элементов своей деятельности таких ценностей, которые соответствуют потребностям и ожиданиям других участников в получении определенных входных элементов. При этом применяется известная трактовка профессиональных компетенций как ценностей класса «инструменты», а также подход к выбору партнеров в цепочках бизнес-процессов по признаку соответствия компетенций, имеющихся у исполнителя, требованиям к процессам и их шагам.

Ценности понимаются в широкой трактовке [2], позволяющей вводить как экономические, так и неэкономические ценности, отделять виды ценностей от их различных форм. Для учета динамики деятельности и изменчивости архитектуры КСС модели предполагают их привязку к размерности времени, в том числе, при отсутствии моделирования причинных отношений.

В базовые требования к моделям включен набор требований к свойствам моделей, соответствующий принципам получения знаний об объектах, разработанным в [3], из которых выделим требования: обеспечивать возможность сравнения характеристик разнородных объектов, учитывать изменение характеристик во времени, расширять модели при развитии решаемых задач.

В числе подходов и методов используются также:

- нормализация моделей ценностей, включая модели компетенций [3], привнесение в формируемое пространство отношений порядка, позволяющих измерять расстояния между точками пространства [2,3];
- определение социо-экономического пространства и полей сил социальных отношений, которые применяются в сочетании с изложенными в [2] способами построения пространства ценностей предприятия и его экосистемы, а также с разработанными ранее правилами определения пространств некоторых других видов (пространство непрерывного образования, информационное пространство).

3 Компоненты предлагаемого метода

В общем случае рассматривается социально-экономическое пространство потенциально связной Совокупности КСС (СКСС) как интегрированное пространство участников КСС и полей отношений между ними. Основные действия излагаемого метода, выполняемые итерационно:

- рассмотрение и отбор участников нескольких КСС (СКСС), включая КСС-объект;
- выделение «якорных» предприятий КСС-объекта для выбора дисциплины анализа;
- анализ и моделирование ценностей и целей возможных участников КСС-объекта;
- анализ сил возможной связи между парами участников КСС и формирование интегрированного пространства участников КСС-объекта на основе моделей их ценностей и целей, полей сил взаимосвязи пар участников, кластерного анализа участников по мере близости их общих свойств;
- анализ дефицита возможностей покрыть потребности КСС во входящих компетенциях;
- поиск возможностей покрыть этот дефицит за счет участников других КСС или развития возможностей участников данной КСС;
- поиск возможных конфликтов ценностей / целей в рамках КСС и планирование действий по разрешению конфликтов.

Модели ценностей и целей возможных участников КСС строятся по правилам [2] с модификациями: ценности участников разбиваются на входные (ожидаемые от участников-поставщиков) и выходные (формируемые участником для приобретателей результатов его деятельности); цели моделируются как особые ценности – ценные показатели конкретных целей.

Мягкое управление развитием КСС может основываться на анализе степени связности, самодостаточности и гармоничности КСС, при этом мера близости участников определяется на основе определения сил социально-экономического действия пары участников друг на друга.

Заключение

Задача недирективного управления развитием КСС может решаться на основе создания условий для ценностной и производственной близости участников для их самоорганизации на рассматриваемом стратегическом горизонте их отношений. Решение может искаться выявлением конфликтов ценностей и целей, дефицита необходимых компетенций, подбором или созданием недостающих компетенций, выполнением мер по переводу конфликтов в конструктивную форму. Предполагается, что указанные выше меры будут обеспечивать недирективное управление КСС,

опирающееся на самоорганизацию, которая сможет естественно развиваться за счет сочетания ценностно-рациональных и целерациональных действий участников.

Для систематического решения такой задачи и применения в нужной мере формализованных процедур продуктивным методом является моделирование полей силы взаимосвязи участников в соответствующем пространстве социально-экономических ценностей и целей участников. В качестве наглядного и гибкого метода поддержки поиска адекватного решения может применяться кластерный анализ на графе связанных моделей участников в указанном пространстве. Одним из наглядных и продуктивных способов является метод / алгоритм послойной кластеризации.

Для продуктивного применения описанного метода необходимо регулярное выполнение подготовительных действий, дающих возможности описания общих для участников КСС элементов и поддержки постоянных изменений состава и свойств участников КСС.

Литература

1. *Ферару Г.С., Киселёв Д.Н.* Кластерно-сетевая модель организации социально- экономического пространства как одна из новых форм территориального устройства регионов Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 2. № 6. С. 44-55.
2. *Zinder E.Z.* Values-directed enterprise engineering // Business Informatics. 2018, no. 3 (45), pp. 7–19. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.3.7.19.
3. *Zinder, E.Z., Yunatova I.G.* Conceptual framework, models, and methods of knowledge acquisition and management for competency management in various areas // In: Klinov, P., et al. (eds.) KESW 2013. CCIS, vol. 394, pp. 228–241. Springer, Heidelberg, 2013.

СЦЕНАРНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЛДИНГА

Исаева Н.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва,ул. Профсоюзная д.65

nat_i50@ipu.ru

Аннотация. Рассматриваются метод и результаты прогнозирования воздействия внешних и внутренних факторов на деятельность топливно-энергетического холдинга, основанные на экспертных оценках. При формализации схемы взаимодействий факторов развития за основу берутся ключевые факторы создания стоимости в среднесрочной перспективе. В качестве источника информации о деятельности топливно-энергетического холдинга взяты данные по ПАО «НК «Роснефть». Приведены результаты расчета оценок полного влияния управляющих факторов в условиях убывания ресурсной базы, полученные методом рефлексий и операциями многозначной логики.

Ключевые слова. Топливно-энергетический холдинг, экспертные оценки, схема взаимодействий, факторы создания стоимости, метод рефлексий, операциями многозначной логики

Введение

Развитие топливно-энергетического холдинга имеет как внутреннюю, так и внешнюю составляющие [1]. Внутренняя составляющая развития холдинга заключается в совершенствовании технологических процессов добычи и транспортировки добываемого сырья, наращивании инфраструктуры и обеспечивающих производств, улучшении социального статуса работников холдинга. Внешняя составляющая развития определяется состоянием и доступностью разрабатываемых месторождений, динамикой спроса на добываемый природный ресурс, торговыми и политическими ограничениями.

1 Ключевые факторы создания стоимости в среднесрочной перспективе

Основными целями и задачами нефтедобывающего холдинга (например, ПАО «НК «Роснефть» [2]) являются восполнение запасов на уровне не менее 100%, эффективная добыча на зрелых месторождениях и ее рост за счет реализации новых проектов, создание новых кластеров добычи на шельфе, развитие технологий и внедрение практик проектного управления мирового уровня, монетизация газовых запасов и конкурентный рост добычи, оптимальная конфигурация НПЗ и максимально прибыльная реализация продукции Компании. Основными видами ее деятельности являются поиск и разведка месторождений углеводородов, добыча нефти, газа, газового конденсата, реализация проектов по освоению морских месторождений, переработка добытого сырья, реализация нефти, газа и продуктов их переработки на территории России и за ее пределами.

Табл. 1. Структура комплексной оценки стоимости нефтедобывающего холдинга

Факторы создания стоимости нефтедобывающего холдинга
Наращивание ресурсной базы путем успешного проведения геологоразведочных работ на суше и континентальном шельфе
эффективное замещение добычи новыми запасами;
укрепление организационного потенциала и доступа к лучшим технологиям для обеспечения высокого коэффициента успешности геологоразведочных работ;
приобретение лицензий в перспективных регионах и регионах с развитой инфраструктурой;
стратегические партнерства с лидерами отрасли для обеспечения результативных геологоразведочных работ на шельфе.
Поддержание позитивной динамики добычи нефти
стабилизация добычи нефти на зрелых месторождениях Западной Сибири с одновременным ростом добычи нефти в Волго-Уральском регионе;
плановое развитие новых проектов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке;
развитие добычи из нетрадиционных и сложных коллекторов;
развитие собственных компетенций и технологий
Увеличение стоимости интегрированного газового бизнеса благодаря росту добычи и прямым контрактам на продажу
органический рост добычи газа и эффективная интеграция новых активов;
повышение эффективности монетизации газа и увеличение доли долгосрочных контрактов;
развитие проектов СПГ для получения доступа к экспорту газа и увеличения доходности продаж.
Постоянное повышение доходности интегрированного бизнеса в области переработки, коммерции и логистики
выполнение программы модернизации НПЗ в установленные сроки и в рамках бюджета;
поддержание сильного бренда и гибкой маркетинговой политики;
обеспечение надежных поставок качественных нефтепродуктов на внутренний рынок;
развитие передовых форм торговли нефтью и нефтепродуктами.
Контроль над расходами и дисциплина капитальных вложений
оптимизация структуры затрат;
эффективное управление инвестициями.
Финансовая устойчивость и постепенное снижение долговой нагрузки:
устойчивое генерирование положительного свободного денежного потока;
последовательное снижение долговой нагрузки.
Устойчивые дивидендные выплаты
поддержание дивидендной доходности в соответствии с лучшей практикой в отрасли.
Улучшение стандартов раскрытия информации и взаимодействия с инвесторами
первостепенное внимание улучшению эффективности взаимодействия с акционерами и инвесторами

2 Метод анализа моделей управления на основе экспертных данных

Для оценки результатов системного взаимодействия используется идея рефлексии [3] (рефлексия от reflexio — обращение назад — междисциплинарное понятие, обращение внимания субъекта на самого себя, в частности, на продукты собственной активности, а также какое-либо их переосмысление). В результате рефлексии – в данном случае сложения эффекта от всех цепочек воздействий, исходящих от каждого фактора-причины и заканчивающихся факторами-следствиями, формируется системный эффект, определяемый полной совокупностью возникающих косвенных связей. Построенная система примитивных (непосредственных) взаимных влияний в результате суммирования всех косвенных воздействий формирует систему полных влияний как их транзитивное замыкание.

Если показатели примитивных взаимодействий факторов измеряются экспертным путем (например, путем определения рейтинга или балльной оценки), то предположение о линейности операций над этими показателями не оправдано. Пусть эффект взаимодействия оценивается положительными и отрицательными числами, в балльной системе на интервале $[a_{\min}, a_{\max}]$, отображающими характер и степень влияния факторов друг на друга. Могут быть приняты правила операций над оценками взаимодействия, которые можно отнести к правилам многозначной логики.

3 Факторы стоимости

Экспертная схема взаимодействия факторов стоимости имеет следующий вид:

- Развитие экономики страны = 5(Факторы стоимости) v 3(Внешние факторы стоимости)
- Факторы стоимости = 7(Переработка, коммерция и логистика) v 5(Экспортные терминалы) v 5(Сбытовая сеть) v 4(Дисциплина капитальных вложений) v 4(Финансовая устойчивость и снижение долговой нагрузки) v (-5)(Экологическая безопасность) v 4(Внешние факторы стоимости) v 6(Спрос на ресурсы) v (-3)(Экономические санкции)
- География = 8(Геологоразведка) v 7(Спрос на ресурсы)
- Убытие ресурсной базы нефти = (-6)(География)
- Ресурсная база газа = 4(География) v (-4)(Убытие ресурсной базы нефти)
- Геологоразведка = 7(Факторы стоимости) v 7(Убытие ресурсной базы нефти) v (-4)(Ресурсная база газа) v 4(Взаимодействие с инвесторами) v 7(Спрос на ресурсы)
- Добыча нефти = (-8)(Убытие ресурсной базы нефти) v (-5)(Внешнеторговые квоты)
- Добыча газа = 8(Ресурсная база газа) v (-4)(Внешнеторговые квоты)
- Переработка, коммерция и логистика = 7(Добыча нефти) v 3(Добыча газа)
- Экспортные терминалы = 5(Добыча газа) v 4(Внутренние экспортные квоты)
- Сбытовая сеть = 5(Добыча нефти) v 5(Переработка, коммерция и логистика) v 5(Экспортные терминалы)
- Дисциплина капитальных вложений = 6(Финансовая устойчивость и снижение долговой нагрузки) v 7(Взаимодействие с инвесторами)
- Финансовая устойчивость и снижение долговой нагрузки = 7(Дисциплина капитальных вложений)
- Устойчивые дивидендные выплаты = 5(Сбытовая сеть)
- Взаимодействие с инвесторами = 6(Устойчивые дивидендные выплаты)
- Экологическая безопасность = 6(Убытие ресурсной базы нефти) v (-4)(Ресурсная база газа)
- Внешние факторы стоимости = 4(Спрос на ресурсы) v (-3)(Экономические санкции)
- Спрос на ресурсы = 7(Развитие экономики страны) v (-4)(Внешнеторговые квоты) v (-3)(Внутренние экспортные квоты)
- Внешнеторговые квоты = 3(Добыча газа)

Таблица 1. Оценки полного влияний сценарных факторов «Убытие ресурсной базы нефти», «Ресурсная база газа», «Спрос на ресурсы» на оценки факторов деятельности холдинга

Убытие ресурсной базы нефти	-5	-7	7	-6	-4; 0	7; -5	-8	-4	-7	-4	-5	-5	-5	-5	-5	6	-4	-5	-3	-3	-5
Ресурсная база газа	5	5	5	-5	4	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	-5	4	5	3	3	5
Спрос на ресурсы	5	6	7	-6	4	7	6	4	6	4	5	5	5	5	5	-6	4	5	3	3	5
	Развитие экономики страны	Факторы стоимости	География	Убытие ресурсной базы нефти	Ресурсная база газа	Геологоразведка	Добыча нефти	Добыча газа	Переработка, коммерция и логистика	Экспортные терминалы	Сбытовая сеть	Дисциплина капитальных вложений	Финансовая устойчивость и снижение долговой нагрузки	Устойчивые дивидендные выплаты	Взаимодействие с инвесторами	Экологическая безопасность	Внешние факторы стоимости	Спрос на ресурсы	Внешнеторговые квоты	Внутренние экспортные квоты	Экономические санкции

Литература

1. *Горошникова Т.А., Цвиркун А.Д.* Методы и инструментальные средства оптимизации развития холдинговой компании. // Проблемы управления 2010. №3. С 38-45.
2. Перспективы развития и стратегия. https://www.rosneft.ru/about/strategy//

3. *Гусев В.Б., Исаева Н.А*. Экспертный анализ системного эффекта от взаимовлияний факторов кредитно-денежной политики для поддержки принятия решений на основе рефлексивных процедур линейного оценивания и логического вывода / В.Б. Гусев, Н.А. Исаева // Проблемы управления.–2014.–№ 6.–С. 59-67.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЙ

Кожевина О.В., Салиенко Н.В., Старожук Е.С., Клюева В.А.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр. 1
ol.kozhevina@gmail.com, verno555@mail.ru,

Аннотация: Высокотехнологичный сектор является в большинстве стран мира. Уровень его развития свидетельствует об экономическом благополучии страны, обеспечении занятости населения, эффективности структурной политики. Правительства выделяют высокотехнологичные отрасли как особый объект политики, поддерживая их развитие, в том числе посредством формирования результативных институциональных механизмов.

Ключевые слова: высокотехнологичный сектор, структурная политика, институты, институциональный механизм.

В современных условиях глобальной экономической, политической и финансовой нестабильности, одной из наиболее важных стратегических задач, стоящих перед развивающимися экономиками, в том числе Россией, является решение проблемы достижения устойчивого развития на инновационной основе. Достижение инновационных целей развития системы обусловлено тенденциями внешней среды и адаптивными свойствами объекта управления. С возрастанием компонентов и связей системы, усложнением институциональной среды и инфраструктуры возникает необходимость в согласовании интересов и принятии решений с учетом ограниченности ресурсов, несогласованности базиса и надстройки изменений, несовпадении ожиданий.

Под институциональным механизмом обеспечения устойчивого развития экономики и ее отраслей понимается совокупность взаимно обусловленных элементов – институтов, методов, инструментов, формирующих условия устойчивого экономического роста разных видов деятельности и повышения их конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках, а также обеспечивающих связь экономического роста с интенсивным использованием производственных ресурсов и энергопотреблением.

В ходе исследования выделены приоритеты, создающие национальные конкурентные преимущества в области инновационного развития: образование и наука; сохранение и укрепление человеческого потенциала; воспроизводство социального и интеллектуального капиталов; сокращение информационных разрывов по территориям России; повышение качества государственного управления; соблюдение производственно-экологических стандартов; формирование эффективного экономического механизма, генерирующего высокую инновационную активность; развитие производственно-технических систем по ключевым отраслям в целях импортозамещения и промышленного роста.

В целях получения корректных результатов оценки влияния параметров институциональной среды на социально-экономическую систему региона, необходимо реализовать ряд мероприятий: 1) направленные на определение параметров институциональной среды в виде переменной функции, описывающей состояние социально-экономической системы. Зарнаевым А.С. предложен методический подход, который представлен в виде модели и предполагает, что параметры, входящие в структуру институциональной среды, являются элементами первого порядка и формируют рамочные условия развития [1].

В условиях экономической нестабильности и последующего посткризисного развития, важно определить ключевые узлы или точки роста, на которые можно опираться в процессе формирования нового порядка и новых экономических отношений. Необходимо иметь в виду ограниченность ресурсов экономики, которые должны использоваться с максимальной эффективностью и концентрацией. Основными преимуществами «генераторов экономического развития» от других базовых стратегий федерального и регионального развития являются, эффект выравнивания региональной асимметрии, а также синергетический эффект за счет оптимального воздействия компонентов региональной социально-экономической системы, снижение конъюнктурных рисков.

В таблице 1 представлены данные по распределению ресурсов развития высокотехнологичных компаний по регионам России (по результатам исследования РАНХиГС, на начало 2018 г. [4]).

Таблица 1. Распределению ресурсов развития высокотехнологичных компаний по регионам России

№ п/п	Субъект Российской Федерации	Ресурсный потенциал, в %
1	Москва	28,7
2	Санкт-Петербург	5,8
3	Московская область	4,2
4	Республика Татарстан	2,5
5	Нижегородская область	2,3
6	Свердловская область	2,2
7	Ростовская область	1,9
8	Самарская область	1,9
9	Краснодарский край	1,8
10	Новосибирская область	1,7
11	Республика Башкортостан	1,7
12	Пермский край	1,5
13	Красноярский край	1,2
14	Тюменская область	1,1
15	Калужская область	1,0
16	Иркутская область	0,9
17	Томская область	0,8
18	Алтайский край	0,7
19	Ульяновская область	0,7
20	Республика Мордовия	0,6

По результатам развития высокотехнологичных компаний регионы-лидеры: Москва (19,4%), Санкт-Петербург (9,2%), Республика Татарстан (4,5%), Московская область (4,1%), Свердловская область (3,5%), Самарская область (3,4%), Краснодарский край (3,3%), Нижегородская область (2,7%), Республика Башкортостан (2,5%), Пермский край (2,3%).

Интенсивность внедрения новых технологий в большинстве российских регионов недостаточная, это объясняется не столько инновационной инертностью, сколько особенностями структуры экономики России и эффективностью структурной политики [3]. Преобладают низкотехнологичные сырьевые отрасли экономики. Проведенное ранее исследование [2] показало, инвестиции также не способствуют повышению эффективности производственного процесса по отраслям реального сектора экономики. Доля инвестиций в машины и оборудование, в среднем за последние 7 лет, составляет 35% от их общей суммы. Этого явно недостаточно для преодоления технологической проблемы. В исследовании [2] предложена методика определения технологического уровня и потенциала развития отраслей экономики по следующим параметрам: 1) технологическая структура производства, степень соответствия критериям оптимальной структуры экономики ведущих стран - анализ этих данных позволяет ранжировать отрасли по технологическому принципу развития; 2) развитие инновационного сектора - полученные данных позволяет оценить уровень значимости этого сектора и перспективу его развития в отраслях. Асинхронное развитие инновационного сектора осложняет решение проблемы построения сбалансированной структуры экономики России. Кроме того, без опережающего развития высокотехнологичных и наукоемких видов производств невозможно сформировать условия перехода на устойчивую траекторию развития при сложившейся конъюнктуре мирового рынка. В этой связи особое значение приобретает информация об уровне затрат на создание интеллектуального ресурса в отраслях экономики.

Обрабатывающие производства являются ведущей отраслью российской экономики - объем отгруженных товаров составляет более 60% общего объема отгруженных товаров по экономике. Технологическая структура обрабатывающих производств, в значительной мере, будет определять конкурентоспособность и устойчивость развития экономики в целом на долгосрочный период.

Таблица 2 - Технологическая структура производства i-го отраслевого комплекса (обрабатывающая промышленность)[37]

	2011	2012	2013
Обрабатывающие производства	0,62	0,62	0,61
Высокотехнологичные	0,06	0,06	0,07
Среднетехнологичные высокого уровня	0,24	0,25	0,24
Среднетехнологичные низкого уровня	0,49	0,48	0,47
Низкотехнологичные	0,22	0,21	0,22

Анализ таблицы 2 свидетельствует, что технологическая структура обрабатывающих производств не соответствует таковой ведущих стран. Если в ведущих странах доля высокотехнологического производства составляет 19%, а средневысокотехнологического 28%, и в сумме 47%, то в России доля этих отраслей соответственно составляет около 6% и 25% (и в сумме 31%), что в 1,5 раза меньше, чем в ведущих странах. Таким образом, технологическая структура обрабатывающих производств не соответствует сложившейся структуре экономик ведущих стран, и поэтому она не в состоянии обеспечить конкурентоспособность не только на мировых рынках, но и на российском рынке. Анализ структуры технологичных секторов позволит выявить ведущие подотрасли в них.

В структуре высокотехнологичных секторов присутствует пять подотраслей. Ведущие позиции занимает подотрасль «производство летательных аппаратов, включая космические» (от 35% до 40% объема производства всей отрасли). Остальные отрасли, которые могли бы стать технологическими драйверами гражданских отраслей национальной экономики (производство фармацевтической продукции, производство электронных компонентов, аппаратуры для радио, телевидения и связи, производство медицинских изделий; средств измерений, контроля, управления и испытаний; оптических приборов, фото- и кинооборудования; часов) вместе составляют от 60 – 56%.

В среднетехнологичных высокого уровня подотраслях ведущими отраслями являются химическое производство и производство машин и оборудования, производство автомобилей, прицепов и полуприцепов. Можно отметить, что относительно невысокий вклад имеет подотрасль «производство электрических машин и электрооборудования», продукция которой востребована практически всеми отраслями страны. Таким образом, технологичная структура закладывает зависимость от импорта продукции данного класса отечественной экономики. Ведущим технологичным сектором обрабатывающих производств экономики России является среднетехнологичные производства низкого уровня. Половина продукции производится в подотрасли производства кокса и нефтепродуктов.

Заметный вклад составляет также и металлургическое производство, продукция которой идет на экспорт. В то же время производство связано с производством конечных изделий и развито слабо – их доля не превышает от 4 до 7%.

По нашему мнению, Правительству РФ следует уделить большее внимание и распределять средства федеральных целевых программ в отношении высокотехнологичных и среднетехнологичных отраслей, определяющих инновационный профиль национальной экономики и стратегическую конкурентоспособность на международных рынках. Трансформации отраслевых комплексов всегда затрагивают институциональную конструкцию социально-экономической системы, изменяя самые глубинные процессы, обостряя внутренние проблемы, возникающие на микро- и мезо- уровнях, и распространяя свое воздействие на макроэкономический уровень отраслевой системы экономики. Совокупность внешнеполитических и внутренних факторов, повлекших кризисное состояние целых отраслей экономики, настоятельно диктует необходимость дальнейших трансформаций институциональной структуры мезоэкономических систем и формирование институциональных механизмов, адекватно реагирующих на содержательно сложные и во многом уникальные процессы на региональном уровне, обеспечивая устойчивое развитие отраслей и межотраслевых комплексов российской экономики.

Литература

1. Зарнаев А.С. Развитие теоретико-методологических аспектов оценки влияния параметров институциональной среды на социально-экономическую систему региона //Научные ведомости. Сер.: История. Экономика. Политология. Информатика. 2013. № 7. С. 5-10

[37] *Без прочих производств*

2. Инструменты оценки и обеспечения устойчивого развития отраслей российской экономики: монография. Под ред. О.В. Кожевиной. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 174 с.
3. Национальный доклад «Высокотехнологичный бизнес в регионах России». Вып. 2. М.: РАНХиГС, 2019.108 с.
4. Рейтинг «Инновационный бизнес в регионах России». М.: РАНХиГС, 2017. 17 с.

РОССИЙСКИЙ РЫНОК АВТОМОБИЛЕЙ LADA И ФАКТОРЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

Макаров В.В.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
makfone@mail.ru

Аннотация: На основе выдвинутой гипотезы о том, что платежеспособный спрос населения России может быть определен через ряд социально-экономических показателей уровня жизни и этот спрос определяет возможности рынка автомобилей конкретной марки LADA. Были построены модели нелинейного временного ряда продаж по исследуемым годам и многофакторные модели продаж, подтвердившие выдвинутую гипотезу с высокой степенью достоверности.

Ключевые слова: автомобильный рынок, автомобили марки Lada, множественная регрессия.

Введение

Анализ рынка легковых автомобилей России показывает, что, несмотря на сравнительно большое количество разнообразных мировых марок автомобилей, продаваемых в России за исследуемый период времени 2008 – 2018гг., продажи легковых автомобилей АО «АвтоВАЗ» в количественном отношении существенно превосходят продажи любой из зарубежных марок легковых автомобилей.

LADA Granta;
LADA 4x4
LADA Vesta
LADA XRAY
LADA Largus
Datsun on-DO.
Datsun mi-DO

Цифровой двойник позволяет осуществлять мониторинг систем и процессов в режиме реального времени и своевременно анализировать данные для предотвращения проблем до их возникновения, составлять график профилактического обслуживания, сокращать/предотвращать простои, открывать новые возможности для бизнеса и планировать будущие обновления и новые разработки. В то время как виртуальные модели, как правило, являются общими представлениями системы, части или семейства частей, цифровой двойник представляет собой экземпляр. Технология цифровых двойников предоставляет возможности для снижения затрат на проверку и тестирование системы, обеспечивая при этом своевременную оценку поведения системы [1].

1 Уровни создания цифрового двойника

1.1 «Доцифровой» двойник

«Доцифровой» двойник – это классический виртуальный прототип, который создается во время предварительной разработки. Его основной задачей является уменьшение технических рисков и выявление проблем при начальном проектировании.

Виртуальный прототип в основном используется для проверки определенных ключевых решений о системе и снижения конкретных технических рисков на ранних стадиях процесса проектирования.

1.2 Цифровой двойник

Цифровой двойник – это модель виртуальной системы, которая способна включать в себя данные о производительности, работоспособности и обслуживании физического двойника. У физического двойника есть возможность использовать знания от цифровых двойников для улучшения своих характеристик во время работы в режиме реального времени.

На данном этапе цифровой двойник подвергается всевозможным испытаниям для определения поведения физического двойника в различных сценариях «что, если». Любые недостатки,

выявленные при испытаниях на цифровом двойнике, используются для проведения корректировочных мероприятий на физическом двойнике.

1.3 Адаптивный цифровой двойник

Адаптивный цифровой двойник предлагает адаптивный пользовательский интерфейс для физических и цифровых двойников. Ключевым преимуществом данного цифрового двойника является его способность изучать предпочтения и приоритеты людей-операторов в разных контекстах.

Этот цифровой двойник может поддерживать планирование в режиме реального времени и принятие решений во время операций, технического обслуживания и поддержки.

1.4 «Умный» цифровой двойник

«Умный» цифровой двойник обладает всеми характеристиками адаптивного цифрового двойника. Кроме того, он обладает возможностью самостоятельного машинного обучения в качестве распознавания объектов и шаблонов, встречающихся в операционной среде, а также данный он настроен на особое изучение системы и состояний среды в условиях неопределенности и неполного наблюдения.

2 Разработка цифровых двойников

2.1 SysML как основа для создания цифровых двойников

SysML является графическим языком моделирования общего назначения, который поддерживает анализ, спецификацию, дизайн, верификацию и валидацию сложных систем.

В состав SysML входит 9 диаграмм: диаграмма пакетов, диаграмма требований, диаграмма действий, диаграмма последовательности, диаграмма состояний, диаграмма прецедентов, диаграмма, *внутренняя блок-схема, параметрическая диаграмма [2]*.

Язык SysML может быть использован на каждом уровне детализации системы и помогает инженерам сосредоточиться на дизайне, а не на традиционной иерархической сложности документов и чертежей [3].

2.2 Имитация как основа технологии цифровых двойников

Имитационное моделирование – это численный метод исследования сложных систем, элементы которых описаны разнородным математическим аппаратом и объединены некой связующей моделью, которую иногда называют информационной.

Когда заходит речь о применении имитационного моделирования для создания цифровых двойников появляется необходимость рассмотрения нескольких параллельных задач.

Первая из них связана с получением данных, которые снимаются с реального объекта и необходимы для проведения виртуального моделирования на реальных объектах.

Второй задачей является принятие решения по рациональности использования универсального программного средства для построения имитационных моделей, так как в некоторых случаях наиболее правильным решением может быть индивидуальная разработка имитационной модели.

Третья задача возникает из практических наблюдений, которые показывают, что наиболее эффективными являются те цифровые двойники, которые используются теми областями, которые могут быть описаны формализованными методами, а именно через математические модели и термины, однако технология цифровых двойников создавалась для использования во всех областях [4].

Одним из признанных инструментов для реализации имитационной модели в рамках создания цифрового двойника является AnyLogic, которая является мощной и гибкой средой моделирования.

2.3 Связь MES-систем и цифровых двойников

MES-система предназначена для моделирования и управления внутрицеховыми материальными потоками в диспетчерском контуре управления. Современная MES предназначена для работы как с современными интерфейсами IoT, так и для подключения к устаревшему оборудованию, что позволяет ей насыщать огромный объем данных смыслом и согласованностью. В данном случае MES-система работает как промежуточный слой-переводчик, который превращает поток данных в ценную информацию пригодную для принятия стратегических решений.

Для оценки эффективности цифрового производственного процесса используют два численных показателя: коэффициент OEE (Overall Equipment Effectiveness), коэффициент MCE (Manufacturing Cycle Effectiveness).

Анализ поведения «цифровой модели» производственной системы производится через коэффициент OEE, а именно происходит измерение доли планируемого производственного времени, которое необходимо для изготовления детали без учета незавершенного производства.

Формула для расчета коэффициента OEE (1):

$$(1) \qquad OEE = K_{вр} * K_{пр} * K_{кач} = \frac{\sum_j [\Phi_{вр_j} - Пр_j]}{\sum_j [\Phi_{вр_j}]} * \frac{\sum_i [T_i * Вып_i]}{\sum_j [\Phi_{вр_j} - Пр_j]} * \frac{\sum_i [T_i * (Вып_i - Б_i)]}{\sum_i [T_i * Вып_i]}$$

Здесь $К_{вр}$ – коэффициент времени (доступность), $К_{пр}$– коэффициент производительности (эффективность работы), $К_{кач}$ – коэффициент качества (уровень качества), j – количество единиц оборудования, $Ф_{вр_j}$– фонд времени работы j-ой единицы оборудования (время рабочей смены), $Пр_j$ – простой j-ой единицы оборудования, в том числе плановые (ППР, наладка и пр.), i – количество продуктов, производимых на данной единице оборудования, $Т_i$ – такт выпуска i-ого продукта, $Вып_i$ – количество изготовленного i-ого продукта в течение $Ф_{вр}$, $Б_i$ – количество брака i-ого продукта изготовленного в течение $Ф_{вр}$, $\sum_j [\Phi_{вр_j} - Пр_j]$ – время, имеющееся для выпуска продукции на j-ой единице оборудования, $\sum_i [Т_i * Вып_i]$ – количество времени, потраченного на производство продукции, $\sum_i [Т_i * (Вып_i - Б_i)]$ – количество времени, потраченного на производство годной продукции.

Второй показатель, который описывает цифровую модель производства – это коэффициент MCE, который является отношением трудоемкости технологических операций, которые выполняются при обработке изделий, к времени пребывания этих изделий в соответствующих производственных подразделениях.

Расчет коэффициента MCE по формуле (2):

$$(2) \qquad MCE_{ik} = \frac{T_{ik} * Вып_{ik}}{\sum_j Фвр_j},$$

Здесь $Вып_{ik}$ – выработка k-ого производственного участка по деталям, входящим в i-й продукт, $Т_{ik}$ – такт выпуска i-ой продукции на участке k, $Фвр_j$ – фонд времени работы j-ой единицы оборудования.

Из этого следует, что коэффициент OEE характеризует плотность загрузки оборудования, которое моделируется в цифре, а коэффициент MCE является характеристикой динамики материального потока в цифровом двойнике производственной системы [5].

Заключение

Применение цифровых двойников для оптимизации деятельности на предприятиях позволит им повысить свою эффективность через снижение затрат на ремонт, сокращение времени работы с информацией, снижение числа дефектов и т.д. В рамках данного доклада предлагается рассмотрение цифровых двойников через их разделение на 4 уровня (4 стадии создания), каждый из которых отличается друг от друга точностью модели и функциональными возможностями.

В качестве методики разработки предлагается использование языка SysML как графического языка моделирования для описания цифрового двойника, в зависимости от выбора сложности реализации. Вторым этапом возможно использование AnyLogic для разработки имитационной модели. А связующим звеном между разработанным цифровым двойником и остальными системами предприятия предлагается использовать MES-систему, так как она обладает требуемыми техническими возможностями и позволяет рассчитывать требуемые экономические показатели.

Литература

1. *Компания «АвтоВАЗ».* Досье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aif.ru/dontknows/file/kompaniya_avtovaz_dos (режим доступа 28.06.2019)

2. Статистика российского авторынка: итоги 2018 года https://autoreview.ru/news/statistika-rossiyskogo-avtorynka-itogi-2018-goda

3. *Friedenthal S., Moore A., Steiner R. A Practical* Guide to SysML The Systems Modeling Language 2-d ed/ /Sanford Friedenthal, Alan Moore, Rick Steiner, 2012 Elsevier Inc

4. *FORGING THE DIGITAL TWIN IN DISCRETE MANUFACTURING.* A Vision for Unity in the Virtual and Real Worlds // LNS Research. 2018 URL:https://ifwe.3ds.com/sites/default/files/Forging%20the%20Digital%20Twin%20in%20Discrete%20Manufacturing.pdf (режим доступа 28.05.2019)

5. *Петров А.В.* Имитационное моделирование как основа технологии цифровых двойников // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10. С. 56–66. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66

6. Фролов Е.Б., Паршина И.С., Зайцев А.С., Климов А.С. Индустрия 4.0: «Цифровой двойник» как средство повышения эффективности производственной системы // Наукоемкие технологии в машиностроении, - 2019. - № 2 (92). – с. 42-48

УДОРОЖАНИЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ВНУТРЕННЕМ РЫНКЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ В 2019 ГОДУ

Малахов В.А., Несытых К.В.

Институт энергетических исследований РАН,
Россия, г. Москва, ул. Нагорная д.31, к.2
mva@eriras.ru, compnet07@mail.ru

Аннотация: Исследуется чувствительность экономики России к росту внутренних цен энергоносителей в 2019 году. Наибольшее влияние на расчётную экономическую динамику оказывают цены автобензина и электроэнергии, их форсированное удорожание чревато падением ВВП. Внутренние цены других энергоносителей не оказывают сильного влияния на темпы ВВП. Динамика располагаемых доходов населения оказалась на 30% более чувствительна к удорожанию энергоносителей, нежели темпы ВВП.

Ключевые слова: внутренняя цена, энергоносители, коэффициент чувствительности, темпы ВВП продукт, располагаемые доходы населения.

Введение

Регулирующие меры государства по контролю над ростом цен на энергоносители должны определяться исходя, с одной стороны, из необходимости стимулирования роста энергоэффективности отечественной экономики и инвестиционных потребностей предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК) [1], а, с другой, из необходимости учёта финансовых возможностей различных групп энергопотребителей. Замораживание цен на энергоносители или их медленный рост (например, совпадающий с темпами инфляции) в долгосрочной перспективе может привести к падению инвестиционной привлекательности предприятий ТЭК и, как следствие, к недофинансированию их капиталовложений и уменьшению их производственных мощностей. В этих условиях сама возможность устойчивого и долговременного роста экономики становиться сомнительной. Другой крайний случай, когда энергетические компании могли бы за счёт быстрого приближения внутренних цен на энергоресурсы к уровням цен внешних рынков в значительной степени модернизировать и заметно нарастить свои производственные мощности тоже вероятно окажется неприемлемым. Дело в том, что развитие производственных мощностей в отраслях ТЭК может оказаться неоправданным с точки зрения обеспечения этого увеличения соответствующим спросом со стороны потребителей. Ценовые шоки могут вызвать перераспределение добавленной стоимости, производимой отраслями – энергопотребителями, в пользу предприятий ТЭК. Подобное "экономическое угнетение" производственных энергопотребителей способно вызвать увеличение количества нерентабельных предприятий в экономике и снижение динамики производства, а, следовательно, и спроса на энергоносители в стране [2].

1 Актуальность исследования

В апреле 2018 года Правительством РФ был утверждён комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики России. Согласно плану энергоёмкость ВВП должна снизиться на 12% в 2025 году, на 23% в 2030 году и на 30% в 2035 году относительно уровня 2016 года. По этой причине эксперты стали обсуждать вопрос о роли удорожания энергии на внутреннем рынке в достижении этих целей. Как обычно, существуют как сторонники, так и противники ускоренного роста внутренних цен основных энергоносителей. Сторонники исходят из того, что главной причиной высокой энергоёмкости российской экономики является сдерживание цен на основные виды ТЭР в стране [3], которые после девальвации рубля оказались значительно ниже уровня европейских цен (за вычетом соответствующих торгово-транспортных издержек). При этом они апеллируют к многолетнему опыту экономически развитых стран, в которых удорожание энергоносителей сопровождалось ростом экономики и устойчивым снижением её энергоёмкости [3]. Тем самым, ими подразумевается скрытая лемма, что рост цен на энергию вызывает рост эффективности производства, что приводит к росту экономики и снижению её энергоемкости. Противники быстрого удорожания энергии в стране утверждают, что успешное экономическое развитие той или иной страны основывается на интенсивной эксплуатации тех факторов производства, которые в избытке имеются у неё [4]. В качестве примера приводятся дешевая рабочая

сила в азиатских странах, дешевые кредиты и накопленный научно-технический потенциал в странах западной Европы и США. Для России таким фактором производства являются большие запасы ТЭР, цены на которые, по мнению этих экспертов, должны создавать конкурентные преимущества отечественным производителям на внутреннем и внешних рынках.

На наш взгляд, в любой стране удорожание энергии является не причиной, а следствием роста экономики. Устойчивый экономический рост, вызванный возрастанием общего масштаба производства в стране, приводит к тенденции увеличения спроса на энергоносители, что, в свою очередь, служит стимулом к удорожанию ТЭР (в не зависимости от уровня конкуренции на местных рынках топлива и энергии). Удорожание энергоносителей не может служить основным средством снижения энергоёмкости экономики, оно является лишь стимулом к внедрению энергосберегающих технологий в производственных отраслях.

2 Результаты исследований

Исследования чувствительности экономики России к удорожанию энергоносителей проводились на разработанной в ИНЭИ РАН межотраслевой многоагентной имитационной модели MEMMAS [5], в которой, помимо традиционных уравнений межотраслевого баланса, содержатся поведенческие алгоритмы, имитирующие функционирование и взаимодействия отраслей экономики. На этой модели была проведена серия расчётов, в которых исследовалось влияние роста внутренних цен основных энергоносителей на динамику экономики России в 2019 году. При этом последовательно исследовалось влияние цен электроэнергии, централизованного тепла, природного газа, автомобильного бензина и дизельного топлива. Для каждого перечисленного энергоносителя рассматривалось изменение его цены на внутреннем рынке в диапазоне от 0 до 20% в год (с шагом в 1 процентный пункт).

В прогнозных расчётах по 2019 году значения ключевых параметров развития отечественной экономики фиксировались на уровнях, достигнутых в 2018 году. Такими ключевыми экзогенными параметрами в модели MEMMAS являются, например, коэффициенты матриц прямых и капитальных затрат субъектов экономики (27 отраслей, совокупностей госучреждений и домашних хозяйств), ставки и сроки кредитов и депозитов для моделируемых субъектов экономики, объёмы и цены экспорта для 33 модельных продуктов. В частности, цена нефти марки Urals задавалась на уровне 70 $/бар (среднегодовой уровень в 2018 году).

В отсутствии роста цен на энергоносители расчётные темпы роста ВВП в 2019 году достигли 1,56%. Результаты расчётов показывают, что среди внутренних цен энергоносителей наибольшее влияние на темпы реального роста ВВП оказывает цена автомобильного бензина (Рис.1).

При годовом росте внутренней цены автобензина свыше 12% ВВП в наших расчётах начинает падать; удорожание бензина на 20% приводит к падению ВВП на 0,93% в 2019 году. Таким образом, коэффициент эластичности (чувствительности) ВВП по цене на автобензин равен -0,125 (Таблица 1), т.е. каждый процентный роста цены автобензина приводит в расчётах к падению ВВП в среднем на 0,125 процентных пункта.

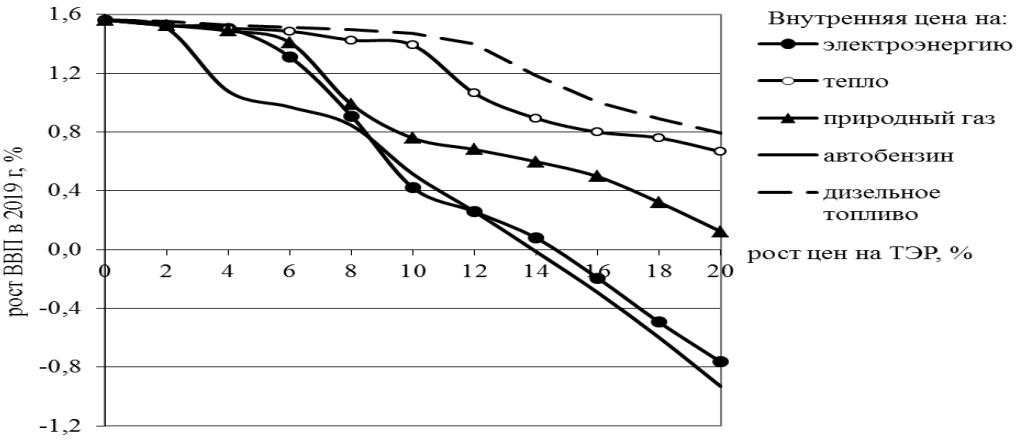


Рис.1 - Влияние удорожания различных энергоносителей на внутреннем рынке на темпы роста ВВП в 2019 году.

Вторым по значимости для ВВП является рост цены электроэнергии: каждый процент удорожание электроэнергии приводит в расчётах к снижению ВВП на 0,116%. Падение ВВП начинается при

годовом росте цены электроэнергии свыше 15%. Следует отметить, что за 15-20 лет чувствительность ВВП России к удорожанию электроэнергии снизилась на треть [1]; согласно аналогичным исследованиям, проведённым нами в начале 2000-х годов, коэффициент эластичности ВВП по цене электроэнергии составлял в те годы (-0,15)÷(-0,16).

Таблица 1. Коэффициент эластичности ВВП к внутренним ценам ТЭР в 2019 г

к цене электроэнергии	-0,116
к цене тепла	-0,045
к цене газа	-0,072
к цене бензина	-0,125
к цене дизтоплива	-0,038

Внутренние цены на другие энергоносители не оказывают столь сильного влияние на динамику ВВП. Результаты модельных расчётов показывают, что их одиночный рост внутри диапазона 0-20% не вызовет экономический спад в стране в 2019 году (Рис.1). Например, при удорожании газа на внутреннем рынке на 20%, темпы роста ВВП остаются положительными (падают до 0,12%).

Чувствительность ВВП к цене электроэнергии оказалась меньше, чем к цене на автобензин, несмотря на то, что электроэнергия имеет максимальную среди всех продуктов вовлеченность в текущие затраты подавляющего большинства субъектов экономики. Причина в том, что при росте цены электроэнергии в наших модельных расчётах увеличивается оплата труда в электроэнергетике. В результате возможности падения ВВП уменьшаются за счёт демпфирования снижения доходов и, соответственно, конечного спроса населения. При удорожании бензина возможности смягчения падения ВВП значительно меньше, поскольку по количеству занятых и величине фонда оплаты труда нефтепереработка более чем в 15 раз уступает электроэнергетике.

Заключение

В последний год вновь возрос интерес к влиянию роста внутренних цен энергоносителей на перспективы экономического роста в России. Результаты проведённых исследований показывают, что в краткосрочной перспективе возрастание цены автобензина более чем на 12% или электроэнергии выше 15% при прочих равных условиях чреват снижением ВВП страны. Удорожание других энергоносителей ограниченное 20% в год не способен вызвать падение ВВП в 2019 году. В любом случае рост цен энергоносителей на внутреннем рынке не способен в одиночку вызвать рост экономики. Основным драйвером любой догоняющей экономики являются высокие темы роста инвестиций, вызывающие снижение удельных затрат (в т.ч. энергетических) в отраслях экономики и возрастание масштабов производства и, соответственно, спроса на высокотехнологическую продукцию. Удорожание энергоносителей может служить лишь стимулом к внедрению энергосберегающих технологий в стране.

Литература

1. *Макаров А.А., Малахов В.А., Шапот Д.В*. Влияние роста цен энергоносителей на динамику энергопотребления // Известия РАН Энергетика. 2001. №6.
2. *Узяков М.Н*. Трансформация российской экономики и возможности экономического роста. М.: Издательство ИСЭПН, 2000. С. 181-196, 219-240.
3. *Макаров А.А., Митрова Т.Г*. Стратегические перспективы развития энергетического комплекса России // Проблемы прогнозирования, 2018, №5, С. 81-96.
4. *Колпаков А.Ю*. Роль топливно-энергетического комплекса в формировании экономической динамики России // Проблемы прогнозирования, 2018, №6, С. 117-129.
5. *Несытых К.В., Малахов В.А., Дубынина Т.Г*. Многоагентный подход к межотраслевому моделированию экономики России. Труды десятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2017)». М.: ИПУ РАН, 2017 . Том 1, С.50-57.

ГАРАНТИРОВАННОЕ УНИЧТОЖЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ РЕЗИДЕНТА ОСОБОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ САНКЦИЯМИ

Масаев С.Н.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, ул. Свободный проспект д.79
Smasaev@sfu-kras.ru

Деятельность особой экономической зоны задана динамическим уравнением, с учетом индивидуальных стратегий резидентов. В заданный момент времени, в отношении предприятия резидента особой экономической зоны, вводится режим ограничивающий поступление ресурсов на 80% (санкции). Сформирован интегральный показатель для комплексной оценки влияния санкций на предприятие. На основе динамического уравнения дана оценка экономического ущерба для потенциальной ОЭЗ Красноярского края.

Ключевые слова: Динамическое уравнение, особая экономическая зона, режим ограничения ресурсов, санкции, интегральный показатель, Красноярский край.

Введение

Экономические санкции явные и скрытые будут существовать в любых экономических отношениях, хозяйствующих между собой субъектов, регионов, стран и политических союзов, поэтому необходимо создать инструмент управления данной деятельностью. Трудности заключаются в отсутствии показателей отображающих: динамичное изменение формы экономического взаимодействия крупных хозяйствующих субъектов, влияние внешней среды и санкций. Традиционно в данный области много экономических работ, но они общего характера. В теории управления начало разработки экономико-математических моделей связывают с именами В.В. Леонтьева, В.С. Немчинова, Л.В. Канторовича [1-3]. Дальнейшие успехи по развитию методов моделирования были достигнуты в 50-60-х годах прошлого столетия в работах Р. Беллмана, К.А. Багриновского, А.Г. Гранберга, А.Г. Аганбегяна, В.Л. Макарова, Ю.П. Иванилова и др. авторов. С конца 70-х годов большой вклад в развитие динамического математического моделирования процессов производства с учетом сырьевой и производственной базы сделали: В.Ф. Кротов, Э. Деминг, Т.К. Сиразетдинов, П.К. Семенов, Ю.П. Шургина, С.К. Джаксыбаева, И.С. Иваненко, В.В. Родионов, А.А. Афанасъев [4-6], Буркова В.Н. и др. [7-9].

Методика исследования

Особую экономическую зону представим динамическим уравнением, как динамическую систему с внешними ограничениями из 8 предприятий резидентов:

$$y(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + v(t), \quad (1)$$

где: $x_i(t)$ - фазовая траектория параметра ОЭЗ многомерного пространства, $u_i(t)$ - ставка любого налога или размер льгот со стороны государства, $y_i(t)$ - наблюдаемые значения ВРП (валовый региональный продукт), $v_i(t)$ - неконтролируемый параметр действующий на ОЭЗ. $A(t) - N \times N$ - матрица влияния экономических параметров друг на друга. $B(t) - N \times M$ - матрица развития предприятия. Следуя методу интегральных показателей [10-13] для расчета интегрального показателя G_i необходимо представить предприятие, как динамическую систему в момент t с рассматриваемыми параметрами $x_n^i(t+l)$. Тогда имеем матрицу с характеристиками

$$X^i = \begin{pmatrix} x_1^i(t) & x_1^i(t+1) & x_1^i(t+l)\cdots x_1^i(T_{\max}) \\ x_2^i(t) & x_2^i(t+1) & x_2^i(t+l)\cdots x_2^i(T_{\max}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n^i(t) & x_n^i(t+1) & x_n^i(t+l)\cdots x_n^i(T_{\max}) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Далее вычислим коэффициенты взаимной корреляции между значениями параметров, характеризующих состояние системы за весь период планирования. Для этого необходимо рассчитать корреляционную матрицу $R^i(T_{\max})$ в моменты времени по всем t, где l - временной лаг.

(3) $$r_{t,t+l}(t)=\frac{\sum_{j=1}^{n}(x_j^i(t)-\bar{x}(t))\cdot(x_j^i(t+l)-\bar{x}(t+l))}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(x_j^i(t)-\bar{x}(t))^2}\cdot\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(x_j^i(t+l)-\bar{x}(t+l))^2}},$$

t - моменты времени; $r_{t,t+l}(t)$ - коэффициенты корреляции переменных $\sum_{j=1}^{n}x_j^i(t)$ и $\sum_{j=1}^{n}x_j^i(t+l)$ по всем $x_n^i(t)$.

Из полученных коэффициентов корреляции формируем матрицу $R^i(T_{\max})$ с диагональными элементами равными 1.

(4) $$G_j^{сумм_общ}=\sum_{t=1}^{T_{\max}}r_{t,t}^i(t).$$

Интегральный показатель всей системы i - го предприятия.

(5) $$G_i=\sum_{j=1}^{n}G_j^{сумм_общ}.$$

Варианты моделирования деятельности предприятия резидента ОЭЗ в зависимости от микроэкономических параметров представлено в отдельной работе [14].

Результаты моделирования и выводы

Деятельность особой экономической зоны Красноярского края Ω и каждого предприятия резидента X^i, смоделировано по 9,6 миллионов значений $x_N^i(t)$ помесячно за 5 лет в авторском программном комплексе [15-18]. Расчет показал изменения наиболее эффективного параметра Δu_6 - 20 % субсидирования расходов на транспортировку продукции в среднем повлияют на ежегодный Δy_6 - прирост ВРП Красноярского края в размере 0,2 %. По моделируемой ситуации ограничивается приток ресурсов на предприятие с 37 периода. Значения интегрального показателя в режиме без санкций G_i =1 369, в режиме введения санкций G_i =887. Расчет $R^i(T_{\max})$ (рис. 1 и 2).

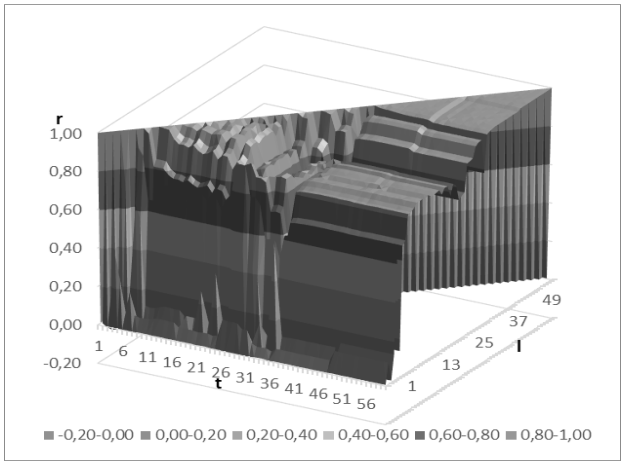


Рис. 1. Трехмерное моделирование интегрального показателя работы предприятия без санкций

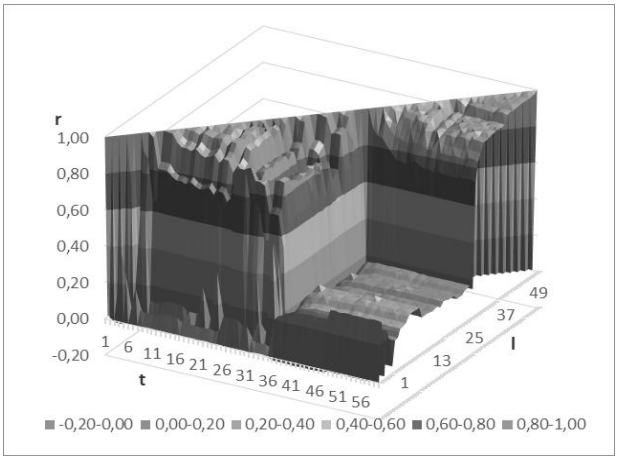


Рис. 2. Трехмерное моделирование интегрального показателя работы предприятия с санкциями

На рисунке 2 отсутствующая область с 37 периода в сравнении с рисунком 1 характеризуется ограничением поступления ресурсов от выручки на 80%. В такой ситуации предприятию не хватает денежных ресурсов, федеральные органы власти в течение года не успеют выработать и реализовать поддерживающие меры, поэтому в течение года предприятие ждет технический дефолт. ВРП Красноярского края за 5 лет от введённых санкций сократится на 17,3% с 69 млрд. рублей до 57 млрд. руб.

На практике данные эксперимента находят подтверждение в ситуации с санкциями против РУСАЛа, введенные в апреле 2018 г. Минфином США. Уже через полгода РУСАЛ закрыл градообразующее предприятие в Карелии (Надвоицкий комбинат). С учетом образовавшейся задолженности по кредитам и снижающихся цен на сырьевом рынке под угрозой закрытия завод в Швеции (Kubal), в Хакасии (САЗ) и другие заводы.

Цель настоящей работы достигнута, применен метод интегральных показателей для прогнозирования состояния предприятия резидента особой экономической зоны (ОЭЗ) Красноярского края в режиме санкций.

Литература

1. *Гранберг А. Г.* Василий Леонтьев в мировой и отечественной экономической науке // Экономический журнал ВШЭ : журнал. — 2006. — № 3. — С. 471—491.
2. *Немчинов В. С.* Потребительная стоимость и потребительные оценки // Экономико-математические методы. — Изд-во АН СССР, 1963. — Вып. 1.
3. *Канторович Л. В.* Математико-экономические работы / Л. В. Канторович. - Новосибирск: Наука, 2011. - 760с.
4. *Гранберг А.Г.* Основы региональной экономики. — 4-е изд. // М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2004. — 495с.
5. *Аганбегяна А.Г.* Экономика России на распутье… Выбор посткризисного пространства. — М.: АСТ, Астрель; Владимир: ВКТ, 2010, - 185 с.
6. *Кротов В.Ф.* Основы оптимального управления // М.: Высшая школа. 1990, – 430 с.
7. *Бурков В.Н., Ириков В.А.* Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994.
8. *Бурков В. Н., Еналеев А. К., Новиков Д. А.* Механизмы функционирования социально- экономических систем с сообщением информации // АиТ. 1996. № 3. С. 3–25.
9. *Новиков Д. А.* Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд “Проблемы управления”, 1999.
10. *Масаев С.Н.* Методика комплексной оценки управленческих решений в производственных системах с применением корреляционной адаптометрии: автореферат.: — М., 2011.
11. *Масаев С.Н.* «Методика комплексной оценки управленческих решений в производственных системах с применением корреляционной адаптометрии»: дис. … канд. техн. наук: 05.13.06: защищена 25.03.11: утв. 25.11.11. — М., 2011. — 214 с.
12. *Masaev S.* Company Management System Estimation on the Basis of Adaptive Correlation to the Environment. Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика Решетнева. Вып. 4(30). – Красноярск, 2010.
13. *Масаев С.Н.* Оценка управления в компании методом интегральных показателей компании для шести вариантов ее развития // Решетневские чтения, Красноярск, 2013. С. 133-134.
14. *Масаев С.Н., Доррер Г.А.* Оценка экономических параметров предприятия по глубокой переработке древесины методом корреляционной адаптометрии / Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. 37. № 1. С. 38-43.
15. *Масаев С.Н.* «Программный комплекс для расчета экономической модели функционирования предприятия, занимающегося заготовкой и глубокой переработкой различных пород древесины при определенных сценариях развития рынка и стратегии» // Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ № 2013614410.2013.
16. *Масаев С.Н.* «Автоматизированный расчет параметров эффективности налоговых льгот, применяемых в отрасли производства, услуг» // Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ № 2017617079.2016.
17. *Масаев С.Н.* «Автоматизированные расчет и заполнение форм экономической оценки инвестиционных проектов в соответствии с постановлением Совета администрации Красноярского края «О государственной поддержке инвестиционной деятельности» 91-П» // Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ № 2017616970.2016.
18. *Масаев С.Н., Доррер М.Г., Доррер Г.А*. Программный комплекс формирования корреляционных графов функций производственной системы (экономической, социальной системы) на основе планового, фактического бюджета доходов и расходов, бюджета движения денежных средств предприятия, в разрезе видов деятельности, статей и функций и корреляционной адаптометрии // Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ №2009615872.2009.

ПРИНЦИПЫ И КАТЕГОРИИ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНФЛИКТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

Мистров Л.Е.

ВУНЦ ВВС «ВВА», ФГБОУВО Центральный филиал «РГУП», г. Воронеж

mistrov_le@mail.ru

Предлагаются принципы и категории синтеза информационных систем обеспечения конфликтной устойчивости взаимодействия крупномасштабных систем применительно к условиям конфликта "соперничество". Рассматривается общая постановка задачи синтеза информационных систем с использованием принципов (общих, частных и специальных принципов) и категорий (аспектов, уровней, стадий и этапов) синтеза.

Ключевые слова: крупномасштабная система, взаимодействие, конфликтная устойчивость, информационная систем, информационная безопасность, принцип, категория, аспект, уровень, стадия, этап, эффективность

1 Общие положения

В современных условиях выполнение наиболее социально-значимых задач осуществляется крупномасштабными организационно-техническими системами (КС). Реализация выполнения КС заданной совокупности задач базируется на овладении и поддержании целевого превосходства, достигаемого на основе оптимального распределения различного вида ресурса в условиях конфликта.

Достижение целей каждой из КС обеспечивается нейтрализацией действий конкурирующей стороны, основанной на осуществлении оборонительной и исполнительной функций. Реализация оборонительной функции основывается на активной и/или информационной защите элементов КС, а исполнительной функции – нарушением до требуемого уровня функционирования элементов конкурирующей КС. В общем случае, КС предназначена для выполнения с заданной эффективностью некоторой совокупности задач для определенных условий внешней среды. Поэтому особую значимость в условиях конфликта приобретает задача обеспечения эффективных действий КС на основе применения различных способов и средств обеспечения конфликтной устойчивости (КУ) развития, направленных на нейтрализацию действий конкурирующей КС при реализации наступательной функции.

Выполнение задач КС на каждом из этапов операции базируется на принятии решений на основе применения информационных систем (ИС), обеспечивающих получение, анализ, обработку различного рода информации как о характеристиках КС, так и условиях конкурентной среды. В качестве основы ИС для обеспечения КУ взаимодействия КС является применение методов и различного функционального назначения средств информационной безопасности (ИБ) [1]. Исходя из этого, под ИС понимается совокупность объединенных общностью целью и управлением совокупность средств управления, добывания информации и исполнения – ИБ, предназначенных для обеспечения КУ взаимодействия КС.

Научное обоснование облика ИС представляет собой синтез и осуществляется с использованием соответствующей методологии. К настоящему времени на практике разработано большое число методов синтеза, разработанных применительно к конкретным типам систем. Многообразие методов обусловлено назначением КС, которые используются для выполнения различных социально-значимых задач. Требования же обеспечения КУ развития КС делают невозможным в полной мере воспользоваться данными методами и обусловливают необходимость их дальнейшего развития применительно к специфическому классу исследуемых объектов – ИС. Исходя из этого цель статьи состоит в развитии методологии синтеза ИС для обеспечения КУ взаимодействия КС, под которыми понимается взаимообусловленная структура принципов и категорий (аспектов, уровней, стадий, этапов) синтеза, объединенных применительно к данному классу объектов системным подходом.

2 Принципы синтеза

В современных условиях времени методология синтеза сложных систем базируется, в основном, на классическом подходе, предусматривающем независимое проектирование различного типа элементов и объединение их единством цели в виде какой-либо совокупности в систему. Использование данного подхода приводит к завышению характеристик элементов ИС, несоответствию их задаваемым требованиям, а также быстрому изменению эффективности ее применения при изменении внешних условий. Это обусловливает необходимость перехода к системному подходу синтеза ИС, под которым понимается взаимообусловленная система принципов,

выполнение которых обеспечивает всесторонний учет внешних и внутренних условий синтеза разрабатываемой системы.

Принципы синтеза ИС представляют исходные основополагающие понятия, определяющие направленность процесса синтеза, его структуру, развертывание и результаты. Они выражают устойчивые и распространенные правила, объективные закономерности общего характера построения реальных ИС, которые иерархические детализируются и "вкладываются" друг в друга по мере углубления рассмотрения объекта синтеза. Степень и глубина его применения зависят от сочетания различных принципов, принятых при синтезе. В широком смысле в качестве этих принципов возможно рассматривать известные общие принципы научного исследования, существо которых в той или иной мере раскрыто в литературе по методологии науки. В узком смысле при конкретном приложении научных принципов к синтезу ИС выделяется группа принципов, которые концентрированно выражают опыт синтеза подобных систем, практику их создания и целевого применения (см. рис. 1) [2].

Для решения задач синтеза ИС вводится, как правило, совокупность принципов, ограничивающая границы области исследований для поиска и выбора ее оптимального варианта на основе известных математических методов и проводится декомпозиция исследуемой проблемы на иерархическую совокупность задач допустимой сложности с введением на каждом уровне различных принципов и соответствующих математических зависимостей, позволяющих в наглядном виде однозначно для принятых предположений, допущений и ограничений провести их вычисление, проанализировать полученные результаты и сформулировать присущие моделируемому процессу основные закономерности.



Рис. 1. Принципы синтеза ИС

Принципы синтеза ИС разделяются на общие, частные и специальные, схема взаимосвязи которых приведена на рис. 2.

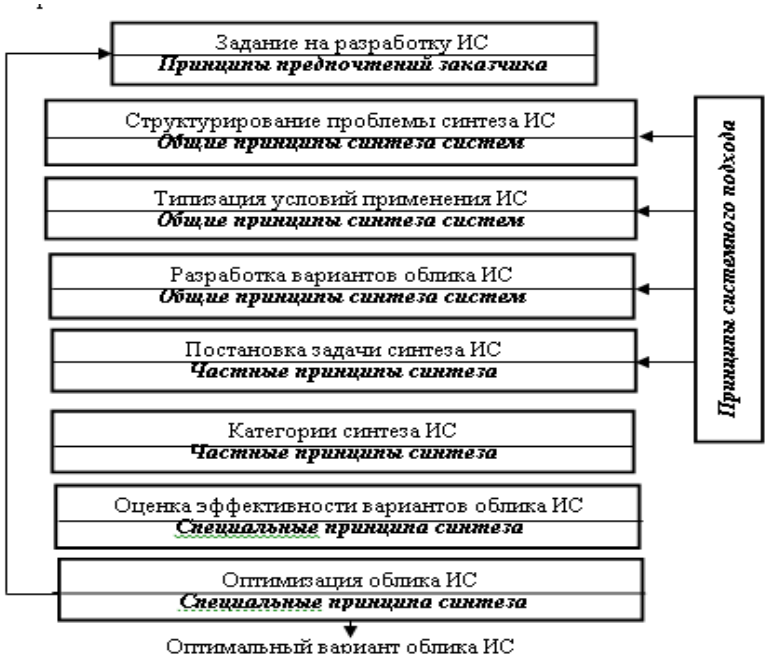


Рис. 2. Схема взаимосвязи принципов и категорий синтеза облика ИС

Процесс синтеза есть результат взаимодействия специалистов синтеза с объектом синтеза, причём последняя (ИС) выступает как необходимое условие существования этого процесса. С другой стороны, облик ИС является результатом синтеза. Таким образом, в синтезе ИС является одновременно и причиной и следствием, и условием, и обусловленным. Исходя из этого, он указывает на то, что в ходе синтеза должно происходить последовательное превращение одних факторов (свойств и характеристик ИС, её окружения), которые играли роль следствий других факторов, в исходные формы их проявления, в причины. Очевидно, что такая смена оснований обусловливает поступательно-возвратный, точнее, спиралеобразный, при котором происходит непрерывное нарастание объема представлений о ИС и возрастает глубина обоснованности её свойств, характеристик и функционирования.

Специальные принципы (см. рис. 1) определяют соответствующие формальные конструкции при разработке постановки задачи синтеза, выборе путей и методов её решения, обосновании критериев и показателей эффективности, создании математических моделей и методик. Их применение зависит от особенностей ИС, объема и достоверности исходных данных, состояния научно-технического задела и т.п.. К основным из них относятся принципы максимального элемента, гарантированного результата, последовательного разрешения различного типа неопределенностей, временного баланса, гомотопической инвариантности и др

Принципы синтеза ИС дают весьма общие, первичные сведения о свойствах и строении метода синтеза. Дальнейшее их расширение требует введения системы базовых категорий, выражающих содержание определенных структурных элементов процесса синтеза.

Разработчики и объект синтеза вносят субъективный и объективный элементы в процесс синтеза облика ИС, что обусловливает разделение категорий синтеза на субъективные и объективные. Субъективные категории выражают узловые моменты в работе специалистов и характеризуют временное развитие процесса синтеза – к ним относятся этапы и стадии синтеза. Объективные категории выражают качественные стороны свойств ИС и характеризуют в этом смысле содержательное развитие синтеза – к ним относятся аспекты и уровни синтеза.

3 Категории синтеза

В соответствии с принятыми общими, частными и специальными принципами синтез облика ИС осуществляется по категориям синтеза на основе структурных элементов: этапов, стадий, аспектов и уровней синтеза (см. рис. 3). При необходимости каждая из частей синтеза может быть разделена на более мелкие составные части. Этапы синтеза развертываются в рамках всех остальных частей синтеза, которые, в свою очередь, "вкладываются" друг в друга различным образом. В зависимости от конкретного сочетания устанавливаются иерархические отношения между составными частями синтеза ИС, а также их очередность во времени.

Рассмотренные составные части синтеза в большинстве своём традиционны. Специфическими для синтеза ИС являются аспекты синтеза: функциональный, структурный и параметрический.

Функциональный аспект синтеза имеет целью обоснование задач ИС, её состава, структуры и внешних требований, предъявляемых к ней как к системе обеспечения КУ взаимодействия КС.

Структурный синтез направлен на обоснование ИС как технической системы, включающей совокупность средств ИБ различного функционального назначения, объединенных целевыми, информационными, функциональными и другими взаимосвязями (отношениями).

Параметрический синтез проводится в целях оптимизации тактико-технических характеристик средств ИБ в рамках ИС.

На рис. 3 показан лишь один цикл синтеза облика ИС. На практике из-за возвратно-поступательного характера процесса синтеза его составные части, переплетаясь и сочетаясь различными способами, образуют многосвязную и подвижную структуру синтеза облика ИС. Это обусловливает необходимость привлечения соответствующей гибкой и структурно сложной системы методов синтеза. Для каждой из составных частей синтеза применяется своя совокупность методов. Совокупность всех применяемых методов составляет содержание и структуру общего метода синтеза облика ИС, являющегося основой для решения задачи синтеза.

4 Постановка задачи

Постановка задачи синтеза ИС формулируется в терминах минимизации затрат на её создание при максиминном значении целевой функции эффективности не ниже требуемого при заданных ограничениях:

$$X^* = Arg \min_{X \in \{X_o\}} C(X),\ \{X_o\} = \{X : \max_{X \in \{X_в\}} \min_{B} U(X,B) \geq U_{тр},\ \ \Phi_i[g(X), Э(X), R(X)] \leq \Phi_{i\,зад},\ \ i = \overline{1,N}\},$$

где $C(X)$ – затраты на создание X – варианта ИС из множества $\{X_o\}$ допустимых вариантов, составляющих часть множества $\{X_в\}$ возможных вариантов; B – множество параметров конкурирующей КС, влияющих на качество применения U ИС; Φ_i – функционал ограничений (массогабаритных g, энергетических $Э$, пространственно-временных R), которым должна удовлетворять ИС; N – число ограничиваемых параметров ИС; $U_{тр}$ – требуемое значение эффективности ИС; $\Phi_{i\,зад}$ – заданный порог значений i -го функционала ограничений.

Основные подходы к решению задачи синтеза облика (состав, характеристики и порядок функционирования) ИС заключаются в её иерархической декомпозиции на частные задачи в соответствии с категориями синтеза, разделении множества варьируемых переменных на два условно независимых подмножества, описывающих облик и способы применения для обеспечения КУ развития КС и парирования различного рода неопределенностей путем замены стохастических переменных на их средние или экстремальные значения.

Взаимосвязь принципов и категорий синтеза ИС обеспечения КУ взаимодействия КС приведена на рис. 3.

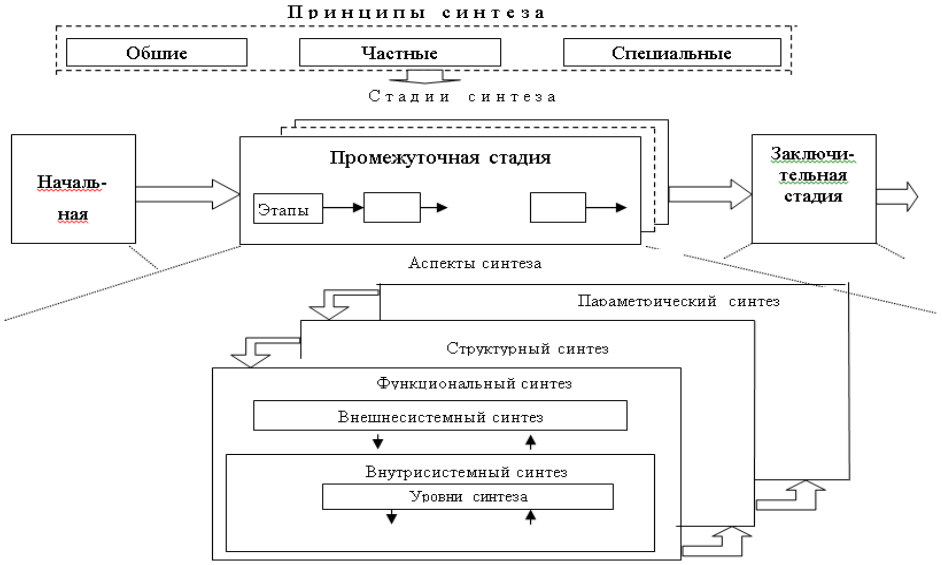


Рис. 3. Взаимосвязь принципов и категорий синтеза ИС обеспечения конфликтной

В заключение следует отметить, что предложенные принципы позволяют выделить и сузить область исследований, а категории синтеза – обосновать облик ИС, обеспечивающий заданную эффективность конфликтного взаимодействия КС

Литература

1. *Мистров Л.Е.* Методы и средства информационной безопасности организационно-технических систем // Информационная безопасность регионов. – 2010. – №1 (6). – С. 22-32.

2. *Мистров Л.Е*. Основные понятия, принципы и категории синтеза обеспечивающих организационно-технических систем // Машиностроитель. – 2005. – №11. – С. 12-17.

3. *Мистров Л.Е*. Основы методологии автоматизированного проектирования организационно- технических систем // Автоматизация и современные технологии. – 2005. – №6. – С. 3-13.

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИКЛА КРЕБСА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ В КРУПНОМАСШТАБНОЙ СИСТЕМЕ

Реут Д.В., Баранов М.И., Майоров С. О.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Россия, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская д.5.
dmreut@gmail.com, kinetikm@gmail.com, gman71000@gmail.com

Аннотация: Организационно-деятельностный аналог биохимического цикла Кребса как инструмент анализа и концепция управления развитием крупномасштабных систем позволяет сформировать и последовательно осуществлять итеративную цепочку смены онтологий рассмотрения заявленной предметной области и, благодаря этому, выработать максимально возможное количество вариантов решений, определяющих развитие этих систем.

Ключевые слова: цикл Кребса, управление развитием крупномасштабных систем, креативность.

Введение

Цикл превращения трикарбоновых кислот, открытый в 1953 году английским биохимиком Г. Кребсом и первоначально рассматриваемый только с точки зрения внутриклеточных процессов, в наши дни получил переинтерпретацию в контексте когнитивных процессов и управления, в том числе, управления крупномасштабными системами, в первую очередь, в процессе выработки стратегий, подготовки принятия и осуществления решений. Первым шагом распространения данной идеи за пределы биохимии клетки послужила публикация в Интернете заметки директора «лаборатории антидисциплинарности» MIT (Массачусетского технологического института) MediaLab Дзёити Ито (Joichi Ito) в январе 2016 года [1], а первоисточником послужила статья “Age of Entanglement” («Эпоха спутанности»), автором которой является профессор MIT Нери Оксман (Neri Oxman) [2].

Данная тема получила развитие и в России. Были предложены варианты его применения в управлении крупномасштабными системами, в частности высшими образовательными учреждениями на примере университета [3]. Цикл Кребса в метафорической трактовке Н. Оксман (Рис. 1) был также рассмотрен в качестве семиотической машины в контексте развития креативности коллективных субъектов [4].



Рис. 1. Схема цикла Кребса в трактовке Н. Оксман

Под семиотической машиной мы понимаем устойчивую организованность способных к взаимодействию функциональных мест в пространстве дискурса, позволяющую создавать и модифицировать гетерогенное, но в асимптотике целостное представление возможного статического либо динамического объекта. Новое «видение» цикла Кребса имеет фундаментальные и прикладные аспекты. Стоит заметить, что близкие по своей сути аспекты, соседствующие на диаграмме, являют собой некую редукцию исходной континуальности мира. Например, прикладная наука и не

прикладная (т.е. фундаментальная) инженерия. Они несут трудноотделимые функции – создание научного знания, полезного в деятельности (в первую очередь – инженерной) и разработку новых способов производства.

1 Дальнейшее развитие широко понимаемой идеи цикличности

Дзеити Ито является адептом концепции антидисциплинарности, противостоящей многовековому тренду специализации в развитии европейской цивилизационно-культурной общности. Обсуждение антидисциплинарного подхвачено сегодня рядом ученых. В работе [1] «дизайн» последовательно рассматривается в связке с остальными сферами активности, тем самым фиксируя важность данной терминальной точки цикла Кребса при многослойном способе его прочтения: будь то отражение взаимосвязи между отраслями, или же как отражение взаимосвязи между продуктами столкновения «видений» (заметим, что понятия «информация» и «польза» расположены диаметрально противоположно, что отражает их до сих пор недостаточно артикулированное соотношение в рамках деятельностной парадигмы). В данной статье идею цикла Кребса мы предлагаем использовать в сфере организации деятельности как в «индивидуальной творческой лаборатории» [5], так и для формирования коллаборации научных групп благодаря преодолению череды понятийно-терминологических и ментальных, или, как минимум ослабления их влияния на когнитивные процессы.

Цикл Кребса в функции семиотической машины позволяет пользователю в парадигме антидисциплинарного подхода разносторонне (комбинаторно) рассматривать любую актуальную проблему с разных сторон, что, очевидно, способствует конструктивному обсуждению. Такое утверждение может быть проиллюстрировано мысленным экспериментом Николая Кузанского, предлагавшего сопоставить поиска истины с вписыванием в окружность многоугольника со все большим числом сторон [6]. Применение схемы цикла Кребса можно сравнить с использованием микроскопа. Схема в некотором смысле подобна набору точек зрения или «онтологических линз», с помощью которых можно последовательно рассматривать ту или иную проблему.

2 Диаграмма ECC (Emyrs Cycle of Change)

Интересное развитие технологии антидисциплинарного подхода предложил выпускник университета Волонги (University of Wollongong) Австралии и профессиональный дизайнер П. Михан (P. W Meehan). Он обратил внимание на статичность представления аналитического процесса с помощью цикла Кребса. Для преодоления этого ограничения он предложил в противопоставление и дополнение к нему инструмент динамического анализа ситуации: цикл изменений ECC (Emyrs Cycle of Change) [7] – см. Рис. 2.

П. Михан утверждает: «ECC показывает, какие силы влияют на изменение, представляя суть и движения этих изменений, модальности этих изменений и типы изменений, которые будут определять сущность происходящего».(«The ECC shows what forces influence change, outlining the consciousness and movements of those changes, the modalities those changes go through and the types of change that will determine the magnitude of the kind of change that occurs».) Термин модальности не раскрыт в исходной статье. Мы предлагаем понимать под модальностью характеристику способа осуществления изменений. Здесь они сосредотачиваются на описании динамики ситуации, тогда как цикл Кребса «заточен» на фиксации достигаемых позиций когнитивного ландшафта. Таким образом, данный дополнительный когнитивный механизм можно рассматривать как конкретизацию каждой точки цикла Кребса, а не как его замещение – в отличие от того, что предлагает П. Михан. Предлагаемый им динамический цикл ECC осуществляется в каждой точке схемы статического цикла Кребса, являя собой способ существования подвергаемого мысленной трансформации концепта и способ воспроизводства каждой точки фазовой траектории последнего. Однако семиотический механизм цикла ECC может использоваться и независимо от цикла креативности Кребса. Чтобы достичь однозначности понимания, в данной работе мы будем называть организационно-деятельностный цикл Кребса семиотической машиной, а цикл ECC – семиотическим механизмом. Последний мы можем трактовать как иллюстрацию концепции научных революций Куна-Лакатоса [8 – 9]. Семиотический механизм действует в рамках отдельной научной дисциплины, в то время, как семиотическая машина цикла Кребса трансдисциплинарна.



Рис. 2. Цикл ECC (Emyrs Cycle of Change) в трактовке П. Михана

Резюме

Представленный в данной работе опыт комбинирования семиотического инструментария различных типов расширяет арсенал системной инженерии в сфере конструирования средств формирования алгоритмов управления развитием крупномасштабных систем.

Литература

1. *Joichi Ito*. Design and Science (2016). URL: https://jods.mitpress.mit.edu/pub/designandscience/
2. *Oxman, N.* Age of Entanglement. An inaugural essay for the Journal of Design of Science. Joi Ito's Web. (2016) /URL: http://pubpub.media.mit.edu/pub/AgeOfEntanglement
3. *Молчанов А.Н., Реут Д.В., Тишина А.Е.* «Цикл Кребса» как механизм генерации возможных шагов развития крупномасштабной системы на примере университета // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2016): Материалы Девятой международной конф., 3 – 5 окт. 2016 г. Москва / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова РАН. Т.1. М.: ИПУ РАН. 2016. С. 312 – 314.
4. *Реут Д.В., Половова В.С*. Цикл Кребса: новая семиотическая машина креативности // Мир психологии, 2017, № 2, с. 218 – 231.
5. *Касавин И.Т.* Миграция. Креативность. Текст. Проблемы неклассической теории познания. СПб: изд-во РХГИ, 1998. 408 с.
6. *Николай Кузанский.* Сочинения в двух томах. М.: Мысль. Том 1. 1979. 488 с. Том 2. 1980. 471с.
7. *Meehan W.P*. Designing For Change (2017). URL: https://disc.report/designing-for-change-ab7a33fbcc58
8. *Кун Т.* Структура научных революций. М.: ООО «Издательство АСТ»: ЗАО НПП «Ермак», 2003. 365 с.
9. *Лакатос И.* Методология исследовательских программ. М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. 380 с.

СТРАТЕГИИ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Самсонова Т.А., Фесянова О.А.

Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова,
Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1
samsonova@cosmos.msu.ru, fesyanova@cosmos.msu.ru

Аннотация: в настоящей статье авторами проанализировано современное состояние космической отрасли. Выявлены основные причины кризиса, в том числе исторические, в котором отрасль находится в настоящее время. В заключении даны рекомендации по смягчению и возможному выходу из сложившей кризисной ситуации.

Ключевые слова: космическая отрасль, ракетно-космическая промышленность, кризис, технологический уклад, кризис космической отрасли.

Введение

Космическая отрасль является одной из наукоемких и стратегических отраслей, играющая важную роль в обеспечении обороноспособности, конкурентоспособности России на мировой арене. Несмотря на головокружительные результаты, которых удалось достичь в советский период (первый полет человека в космос, первый запуск спутников и пр.), в настоящее время отрасль претерпевает значительные трудности.

С экономической точки зрения, головокружительные успехи, сменяющиеся кризисами, - нормальное явление, поскольку все это часть циклического процесса. В современной экономической теории существуют различные модели, описывающие подобные циклы и смены эпох. Автор одной из них С.Ю.Глазьев объясняет такую цикличность сменой технологических укладов [1]. Идея его концепции состоит в том, что человечество за всю свою историю пережило несколько технологических укладов, смена которых была напрямую связана с изобретением определенной прорывной технологии, появление которой изменило не только экономическую и производственную сферу, но и социальную, так или иначе повлияв на жизнь каждого отдельного человека. С.Ю. Глазьев также отмечает [1], что если первый технологический уклад длился не одну сотню лет, то чем ближе к нашему времени, тем меньше требовалось времени для смены уклада и тем меньший период эти уклады охватывали сами по себе. Так, последний технологический уклад, информационный, длился всего два десятилетия.

Другим автором, описывающим цикличность процессов, выступает Джереми Рифкин [2]. Он говорит о 3-й промышленной революции, которая заключается в следующем:

1. Необходимость и неизбежность перехода на возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, энергия ветра, энергия водных потоков и т.п. При этом подобную энергию можно получать не только и не столько путем постройки новых огромных заводов, что в свою очередь потребует дополнительных ресурсов, по добыче этих видов энергии, но и использования уже существующих промышленных и жилых сооружений для этих целей, в том числе путем необходимой модернизации подобных зданий;
2. Повсеместное внедрение различного вида энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий на промышленном и на частном уровне;
3. Переход с бензинового и дизельного транспорта на электротранспорт (сначала гибридные автомобили, затем полностью электрические и/или на водородной энергии).

Заметим, несмотря на то, что не все этапы третьей промышленной революции пройдены даже развитыми странами, на данный момент говорят уже о 4-й промышленной революции. Ее основные черты описаны немецким экономистом Клаусом М. Швабом [3] и заключаются в том, что произойдет повсеместное внедрение киберфизических систем в производство и в повседневную жизнь человека. 4-ая промышленная революция принесет с собой полную трансформацию существующей модели экономики, обеспечит большую прозрачность ее процессам, а с бытовой точки зрения освободит человека от рутинной работы, связанной с решением большого числа типовых задач, которые в обычной жизни отнимают много времени и сил. Кроме того, внедрение киберфизических систем приведет и в целом к более прозрачному и безопасному миру, так как появятся новые цифровые возможности контроля, в том числе нежелательных событий (стихийных бедствий, преступлений). Однако, 4-ая промышленная революция несет за собой и ряд проблем, например, потерю рабочих мест для огромного числа людей, социальное расслоение, сопротивление внедрению систем контроля и мониторинга из-за опасения людей за тайну своей частной жизни, что, в конечном счете, может спровоцировать социальные волнения на уровне отдельных государств.

1 Точка отсчета кризиса в отрасли и его причины

Различные исследователи называют разные периоды, с которого начался кризис космической деятельности.

Несомненно, большую роль в возникновении и углублении кризиса сыграл развал СССР. В это время финансирование резко снизилось, что повлекло за собой ряд других связанных проблем (потеря квалифицированных кадров, сворачивание перспективных проектов и пр.). Следовательно, точкой отсчета можно назвать 1991 г.

Однако есть и другая точка зрения, согласно которой наблюдается кризис космической деятельности не только в России. Так, Кричевский С.В., с одной стороны, указывает начало XXI века, когда, по его мнению, начался «кризис целеполагания космической отрасли и стратегии космической деятельности» [4]. Ученый поясняет, что данный кризис заключается в отсутствии долгосрочных амбициозных целей не только в России, но в мире в целом. Однако за последние годы известны космические программы в разных странах, где в качестве таковых целей ставится, например, колонизация Марса.

2 Стратегии выхода из кризиса

К стратегиям выхода из кризиса можно также отнести долгосрочные программы развития космической отрасли. Одна более подробно на них останавливаться не будем, скажем только, что на данный момент действует космическая программа до 2030 года, плановые мероприятия которой периодически сдвигают. Так, например, несколько раз сдвигали сроки разных этапов концепции исследования и освоения Луны.

Несомненно, над стратегией развития космической деятельности в целом размышляют как ученые, так и государственные чиновники, предприниматели и др. Несмотря на существующую разницу во взглядах (например, в качестве глобальной сверхцели ставится освоение Луны, либо Марса либо Дальнего Космоса), все они сходятся во мнении, что новые технологии, при помощи которых возможно дальнейшее освоение космического пространства, должны быть экономичны и безопасны для жителей Земли.

Различные ученые выдвигают свои гипотезы относительно стратегий выхода из кризиса и дальнейшего развития космической деятельности. Кричевский С.В. акцентирует внимание на новых перспективных экологичных космических технологиях и сверхглобальных проектах освоения космического пространства. К последним, в рамках своей концепции, ученый относит: 1) система защиты Земли от астероидно-кометной опасности; 2) освоение Луны; 3) освоение Марса; 4) космическое человечество. Данные проекты, по мнению Кричевского С.В., «необходимы для объединения мирового сообщества, перехода новому качеству процесса освоения космоса в целях выживания и развития человечества в парадигме предельной стратегической перспективы, направленной на защиту Земли, земной цивилизации и создание космического человечества» [5].

Размышляя о новых технологиях, автор проанализировал и систематизировал выданные в мире патенты. На основе этого Кричевский С.В. представил следующий список:

- «Новые ракетные технологии, новое топливо и ракеты-носители, многоразовые возвращаемые ступени, одноступенчатые ракеты-носители и т.д.;
- Технологии минимизации, переработки отходов, мусора, очистки от них окружающей среды;
- Нереактивные, неракетные технологии полетов, перемещения в космосе на новых физических принципах, в перспективе - на основе гравитационных, квантовых и других эффектов;
- Бесшумные (вне и внутри) летательные аппараты;
- «Безотходные» летательные аппараты в космосе;
- Чистый полный жизненный цикл космической техники и деятельности;
- Принципиально новые технологии обеспечения жизнедеятельности и безопасности людей в космосе;
- Космический лифт Земля - Луна, тросовые системы и др.;
- Солнечные космические электростанции;
- Специальные проекты для перехода космической отрасли к наилучшим доступным технологиям, чистым, «зеленым» технологиям» [5].

При этом автор указывает, что данный список является открытым.

В целях выхода космической отрасли из кризисного состояния государством предпринимались различные попытки, находящие свое отражение в реформах и космических программах. Стоит отметить, что последние служили и служат не только как некой стратегией выхода из кризиса, но также и стратегией устойчивого развития отрасли с учетом общемировых трендов.

Несмотря на многополярность точек зрения различных ученых относительно выхода из кризиса космической отрасли России, трудно не согласиться с Кричевским С.В. Основой выхода из кризиса и дальнейшего устойчивого развития отрасли могут служить только новые прорывные безопасные технологии, которые обеспечат также конкурентоспособность космической отрасли России на мировой арене.

Литература

1. *Глазьев С.Ю.* Великая цифровая революция: вызовы и перспективы для экономики XXI века // Глазьев.Ру от 14.09.2017 [Электронный ресурс]. URL: https://glazev.ru/articles/6-jekonomika/54923-velikaja-tsifrovaja-revoljutsija-vyzovy-i-perspektivy-dlja-jekonomiki-i-veka (дата обращения 10.05.2019)
2. *Рифкин Дж.* Третья промышленная революция. Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. — М.: Альпина нон-фикшн, 2014. — 410 с.
3. *Шваб К.* Четвертая промышленная революция. — М.: Эксмо, 2016 - 208 с.
4. *Кричевский С.В.* Третий период космической эры. На повестке дня сверхглобальные проекты и экологичные технологии // Независимая газета от 11.04.2018. [Электронный ресурс]. URL: www.ng.ru/science/2018-04-11/9_7209_spaceage.html (дата обращения 28.04.2019)
5. *Кричевский С.В.* Перспективы космической эры: сверхглобальные проекты и экологичные технологии // Воздушно-космическая сфера. №1(94) 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/perspektivy-kosmicheskoy-ery-sverhglobalnye-proekty-i-ekologichnye-tehnologii (дата обращения 29.04.2019)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ТРАНСФОРМАЦИИ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РФ В УСЛОВИЯХ УЖЕСТОЧЕНИЯ КОНКУРЕНЦИИ

Тарасов А.Э.

Институт энергетических исследований РАН, Россия, г. Москва ул. Нагорная д.31 к.2

aet98@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена совершенствованию моделирования долгосрочных перспектив трансформации газовой отрасли в условиях ужесточения конкуренции на газовых рынках и рынках электроэнергетики европейских стран и стран АТР в условиях ограничений, наложенных со стороны Евросоюза, и санкций - со стороны США.

Ключевые слова: газовая отрасль, трансформация, модель.

Введение

Одним из самых экологически чистых видов ископаемого органического топлива является метан, добываемый в виде природного и попутного газа. Россия является одним из мировых лидеров в области добычи и экспорта газа естественного (природного и попутного) [1]. Анализ прогнозов ведущих мировых энергетических агентств и крупнейших мировых энергетических корпораций показывают рост спроса на газ мире в перспективе до 2035-2040 гг. [2] – [6]. Основную долю в этом приросте дадут развивающиеся страны с КНР и Индией. В прогнозах различаются только темпы роста и достигнутые в конце периода прогноза уровни потребления. Европейские страны в среднесрочной перспективе будут увеличивать импорт газа для покрытия падения объемов собственной добычи даже в том случае если внутренний рынок газа ЕС не будет расти.

1 Анализ газовых рынков

Газовый рынок США начал терять привлекательность для внешних поставщиков с 2006 г. когда добыча газа низкопроницаемых коллекторов (ГНК) (shale gas) достигла 5% в от общей добычи по стране в целом. Стремление правительства США обеспечить энергетическую безопасность страны было подкреплено передачей добывающим компаниям геологических данных и после впечатляющих прорывов в высокоточном горизонтальном бурении и гидроразрыве пласта вкупе с дешевыми кредитами очень развитого американского инвестиционного рынка удалось существенно снизить себестоимость добычи ГНК. Немало способствовала этому и попутная добыча конденсата, продажа которого позволяла реализовывать газ практически по любой цене. В итоге СПГ из Катара был переориентирован на другие рынки, а разработка Штокмановского месторождения, большая часть объемов газа которого предназначалась для поставок в США в виде СПГ, была отложена на неопределенный срок.

Европейский рынок газа состоит из двух рынков - рынка стран СНГ и рынка стран Западной Европы. Рынок стран СНГ после отказа Украины в прямых закупках российского газа значительно

сузился. Самым большим покупателем российского газа на нем является республика Беларусь. По оценке экспертов ИНЭИ РАН емкость рынка не превысит 36-42 млрд куб м в 2040 г. с учетом строительства АЭС в Белоруссии [7] и внедрение в энергетику СНГ ВИЭ преимущественно на солнечных батареях, ветряках и биометане.

В энергетике стран ЕС газу приходится конкурировать с углем и в последнее время все больше и больше с ВИЭ. Совсем недавнее превалирование более экологически грязной угольной генерации над газовой в странах Западной Европы было обусловлено привлекательной ценой угля по сравнению с газом. В настоящее время цена газа на европейском рынке не высока, и сейчас превалирует газовая генерация. В последнее время как угольная, так и газовая генерации испытывают серьезную конкуренцию с ВИЭ, широко субсидируемые правительствами европейских стран и руководящими органами ЕС. Наибольшее распространение в странах Европы получили такие новые виды ВИЭ как ветряная и солнечная энергетика. Данные виды ВИЭ обладают прерывистым циклом генерации, поскольку способны вырабатывать электроэнергию только при соответствующих внешних условиях – дует ветер в определенном диапазоне скоростей и светит солнце на безоблачном небе. В случае форс-мажорных условий, аналогичных тем, что сложились в Германии весной 2018 г., когда в течение 9 дней отсутствовал ветер и была сильная облачность, наиболее оперативно можно ввести в работу только газовые генерирующие мощности, поскольку их время выхода на номинальный режим составляет от 1,5 до 3 часов, а не 1 – 2 суток как у угольных. Достижение не буферизированными ВИЭ с прерывистым циклом генерации порога в 8-10% от мощности всей энергосистемы приводит к резкому снижению ее устойчивости. В Европе эта проблема известна как «50,2 Гц» и до настоящего времени не решена. Невысокая цена российского газа дает основные конкурентные преимущества как перед углем, так и перед американским СПГ.

Санкции введенные США против компаний энергетического сектора РФ технологического и финансового характера, отдельных месторождений и технологий, а так же компаний, оказывающих сервисные услуги для РФ имеют перед собой цель – обеспечить конкурентные преимущества американскому газу в Европе

2 Моделирование трансформации газовой отрасли России

Моделирование трансформации газовой отрасли России осуществлялось в модифицированной модели ОМО «Газ», входящей в комплекс Scaner [8]. Территориальные сдвиги (трансформации) в газовой отрасли РФ обусловлены естественными сырьевой отрасли причинами - существенным исчерпанием запасов в главном районе добычи газа - Надым-Пур-Тазовском районе (НПТР) Тюменской области Западной Сибири. Сеноманские залежи большинства уникальных газовых месторождений-гигантов НПТР, еще недавно обеспечивавшие основной объем добычи газа в России, уже давно работают в режиме падающей добычи, накопили достаточно высокий коэффициент извлечения газа (КИГ) (Таблица 1) и не в состоянии обеспечить необходимые объемы добычи газа без ввода в строй новых месторождений. Помимо проектного

Таблица 1. Текущий КИГ сеноманских залежей месторождений НПТР

Месторождения	Текущий КИГ, %
Вынгапуровское	87
Медвежье	82
Уренгойское	87
Ямбургское	93

Источник: ИНЭИ РАН

снижения дебита скважины сеноманских горизонтов на заключительной стадии существования залежей подвержены самозадавливанию из-за существенного обводнения и пескопроявления. Для восстановления добычи на таких скважинах устанавливается сетчатый или гравийный фильтр и монтируется установка для непрерывной подачи жидких поверхностно-активных веществ (ПАВ). Данный вид капитального ремонта скважин характеризуется следующими величинами:

$x_{пз}^{д}(t)$ – дополнительные удельные эксплуатационные затраты на ПАВ, за период t,

$x_{пк}^{д}(t)$ – дополнительные удельные капитальные затраты на фильтр и установку для ПАВ,

Новые месторождения газа часто имеют сложное геологическое строение (Чаяндинское), расположены на шельфе со сложной ледовой обстановкой (Южно-Киринское, Штокмановское), в сложных геокриологических условиях (Харасавэйское), иметь сложный многокомпонентный состав (Ковыктинское, Чаяндинское), что приводит к увеличению капитальных вложений в обустройство месторождений и эксплуатационных затрат в добычу и транспортировку газа до потребителя. Таким

образом при традиционной разработке газ новых месторождений будет иметь большую по сравнению с действующими себестоимость и растеряет свою коммерческую привлекательность по сравнению с более дорогим американским СПГ.

Для снижения издержек в газовой отрасли России необходимо широкое внедрение инновационных технологий на всем технологической цепочке газовой отрасли – от разведки и добычи до глубокой переработки, транспортировки, хранения и сжижения газа.

В настоящее время активно проводится 2D и 3D геологоразведка инновационными методами над сеноманских и под валанжинских залежей на уже действующих месторождениях. Так была открыта сенонская залежь Уренгойского месторождения с запасами около 800 млрд. м^3. Затраты и капитальные вложения в геологоразведку характеризуются значениями:

$C_i^{ГРР}(t)$ – удельные затраты на геологоразведку *i*-го месторождения за период *t*,

$k_i^{ГРР}(t)$ – удельные капитальные затраты на геологоразведку *i*-го месторождения за период *t*.

Бурение и разработка новых месторождений проводится с использованием центров компетенции и цифровизации месторождений, что позволяет только на этапе интеллектуального бурения повысить коэффициент эффективности проходки пластов почти в 1,5 раза - с 65% до 92% (по данным «Газпром нефть». При этом буровые установки арендуются у производителя, а буровые бригады не входят в штат добывающих компаний, а являются сотрудниками сервисных фирм. Затраты на обустройство *i*-го месторождения складываются из арендной платы за буровые установки $X_i^{БУ}(t)$ и оплаты за произведенное бурение и обустройство скважин $X_i^{БОБ}(t)$ сервисным компаниям.

Для стимулирования полного извлечения этана из газа правительством РФ предложен «обратный» акциз, который будет выплачиваться производителям этана и сжиженных углеводородных газов (СУГ), поставляемых как сырье для газохимии:

$N^{ЭТ}$ - ставка «обратного» акциза на этан,

$N^{СУГ}$ – ставка «обратного» акциза на СУГ.

Для снижения транспортных издержек для проектов Ямал СПГ и Арктик СПГ 2 запланировано строительство перевалочных терминалов в Мурманске вместо Норвегии и на Камчатке вместо Японии. Данное решение позволит сократить путь и количество танкеров СПГ усиленного ледового класса Arc7. Терминалы по перевалке СПГ расположенные в Мурманске и на Камчатке не связаны с узлами транспортной сети и характеризуются значениями:

$C_i^{СПГ}(t)$ – удельные эксплуатационные затраты *i*-го терминала, включая амортизацию, за период *t*,

$k_i^{СПГ}(t)$ – удельные капитальные затраты,

$a_i^{СПГ}(t)$ – удельные потери газа на собственные нужды терминала,

Управляющие переменные для терминалов СПГ

$u_i^{СПГ}(t)$ – поступление газа на *i*-ий терминал СПГ в последний год периода *t*,

$u_{пр\,i}^{СПГ}(t)$ – прирост емкости *i*-ого терминала СПГ за период *t*.

Перевалка СПГ $x_i^{СПГ}(t)$ в *i*-ом терминале в последний год периода *t*:

$$x_i^{СПГ}(t) = \left(1 - a_i^{СПГ}(t)\right) \cdot u_i^{СПГ}(t) \quad (1)$$

Емкость *i*-го терминала по перевалке СПГ $x_{м\,i}^{СПГ}(t)$ в последний год периода *t*,

$$x_{м\,i}^{СПГ}(t) = x_{м\,i}^{СПГ}(t-1) + u_{пр\,i}^{СПГ}(t), \quad (2)$$

Эксплуатационные затраты *i*-го терминала по перевалке СПГ $x_{з\,i}^{СПГ}(t)$ за период *t*,

$$x_{з\,i}^{СПГ}(t) = C_i^{СПГ}(t) \cdot u_i^{СПГ}(t), \quad (3)$$

Капитальные затраты *i*-го терминала по перевалке СПГ $x_{к\,i}^{СПГ}(t)$ за период *t*,

(4) $$x_{к\,i}^{СПГ}(t) = k_i^{СПГ}(t) \cdot u_{пр\,i}^{СПГ}(t),$$

Приведенные изменения в модели ОМО «Газ» позволяют наиболее точно моделировать трансформации газовой отрасли России на длительную перспективу.

Литература

1. BP Statistical Review of World Energy 2018.
2. Annual Energy Outlook 2019 U.S. Energy Information Administration (EIA)
3. BP Energy Outlook – 2019 edition.
4. Shell 2018 Outlook for Energy: Scenarios energy models
5. Exxon Mobil A View to 2040
6. World Energy Outlook 2018 International Energy Agency
7. Global and Russian Energy Outlook 2016 / edited by A.A. Makarov, L.M. Grigoriev, T.A. Mitrova; ERI RAS – ACRF, Moscow, 2016. – 198 p.
8. A. Tarasov Modeling of long-term development of the Russian gas industry in modern conditions 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD) DOI: 10.1109/MLSD.2018.85519287.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ КВАЛИМЕТРИЯ КАК ОСНОВА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Титов А. В.

Российский университет транспорта (МИИТ), Москва ул. Образцова д.9

a.v.titov@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема разработки общей базы математического обеспечения задач управления объектами сложной природы на основе системного единства различных методов математического моделирования указанных задач. На основе использования концепции синтетической квалиметрии и системного подхода намечены пути формирования общей базы формального описания процесса управления качеством сложных объектов и процессов различной природы. Рассматривается возможность использования языка теории структур в качестве базы для обобщенного описания задач управления в рамках концепции синтетической квалиметрии.

Ключевые слова: сложность, теория, ситуация управления, формальный язык, модель, синтетическая квалиметрия, предикативное определение, математическая структура.

Введение

Эффективность и оперативность управления сложными объектами и системами во многом зависит от степени автоматизации процесса принятия решения. В то же время использование информационных систем в процессе управления и принятия решений связано с применением языков формализованного описания всех этапов принятия управленческих решений, что требует разработки развитой теории процесса управления. Однако на сегодняшний день такой развитой теории, которая на основе единого формального языка была способна описывать все этапы принятия управленческого решения не существует. В теории управления доминирует подход связанный с использованием широкого спектра математических методов, к которым можно отнести: статистические методы, мягкие модели, эвристические методы, методы теории нечетких множеств и расплывчатых алгоритмов, фрактальные модели. Но единого подхода к проблеме выбора того или иного математического аппарата для формирования модели адекватной ситуации управления нет. Такое положение дел в области описания технологий принятия управленческих решений сложными объектами ставит на повестку дня вопрос о разработке обобщенной методологии принятия управленческих решений, анализ основных положений которой позволит развить теорию принятия решений для объектов любой сложности в виде формирования иерархии формальных методов описания различных этапов принятия управленческих решений для объектов различной сложности и природы.

Другими словами для эффективной автоматизации процесса принятия управленческого решения, теория принятия решений должна развиваться как дедуктивная наука.

Следует иметь ввиду, что в общем случае ситуация управления осознается субъектом управления как представление и поэтому не является объектом формализации. Необходимым этапом формального описания технологии принятия управленческого решения является формирование на

основе представления ситуации управления ее описания как понятия с приданием в дальнейшем ему предикативной формы.

Часто целью управления является приведение объекта управление в то или иное конечное состояния. В зависимости от начального состояния объекта управления и стратегии управления (а часто и в зависимости от наличия ресурса управления), перевод объекта управления в конечное состояние (цель управления) может осуществляться в конечное число шагов, которое может быть представлено в виде ситуационной сети, описываемой графом переходов по промежуточным ситуациям к целевой ситуации. Последовательность перехода от начальной ситуации к целевой ситуации определяется стратегией управления.

Таким образом, ситуация принятия решения (состояние объекта управления) является основанием для выработки в соответствии с некоторыми правилами управленческого решения или управляющего воздействия. Достоверность оценки состояний объекта управления при этом, естественно, играет решающую роль в правильности выбора управленческого решения или управляющего воздействия.

Таким образом, адекватная оценка состояния объекта управления (ситуации управления) играет решающую роль в задаче принятия управленческого решения на основе ситуационного продхода.

Атрибутивный подход к представлению состояния объекта управления позволяет ввести следующее определение.

Опредление.

Ситуацией управления назовем систему признаков, описывающих состояние объекта управления в данный момент времени.

В настоящее время не существует единого подхода к описанию состояний объектов управления общей различной природы. Основой для развития такого подхода и на его основе формальной и теории состояний объектов управления может служить модель оценки, разработанная А.И.Субетто в рамках развития общей квалиметрии [1].

Исходя из принятой выше модели ситуации управления и базовой модели оценки, предложенной А.И.Субетто, модель оценки состояния объекта управления можно представить в виде:

$$S_{ok} = \begin{bmatrix} Sb & S & F & Me \\ & & & \end{bmatrix} B;\ Q;\ O,$$
$$\begin{bmatrix} Rb & Rs & Rf & R_M \end{bmatrix}$$

где:

<Sb;Rb> — пространство субъекта оценки (пространство экспертов) со структурой отношений на нем;

<S;Rs> —пространство качеств со структурой отношений на нем;

<F;Rf> - пространство свойств («пространство атрибутов») и структура отношений на нем;

<Me;Rм>- пространство мер качеств со структурой отношений на нем;

B —пространство баз сравнения (эталонов)**;**

Q —пространство операторов (алгоритмов) оценивания**;**

O —пространство оценок.

Ниже описываются основные характеристики ситуации оценки и их соответствие различным типам специальных квалиметрий [2].

1 Общематематический подход к выбору формального описания технологии оценки ситуации управления.

Следует заметить, что все специальные методы оценки имеют общую базу формального описания, которая описывается базовой моделью оценки. Необходимость использования различной формализации возникает при наполнении содержанием таких элементов описания как “параметр оценки”, “свойство” и т.д.

Разработка общего подхода к определению методов как оценки состояний объекта управления, так и к описанию всех стадий технологии управления при использовании ситуационного подхода заключается в разработке формальной теории ситуационного управления, записанной на некотором формальном языке, имеющей иерархическое строение и позволяющей выбирать методы формального описания отдельных этапов технологии управления в зависимости от характера и интерпретации элементов теории.

Построение формальной теории начинается с выбора языка формализации. Объектами теории управления при ситуационном подходе являются морфизмы вида:

Ситуация управления → Управляющее воздействие

Ситуация управления, в качестве которой мы выбрали состояние объекта управления, описывается набором свойств с их интенсивностями, т.е. принята атрибутивная модель объекта управления [1].

Управленческие решения составляют при этом класс альтернатив, из которых выбираются приоритетные. Приоритетность определяется состоянием объекта управления.

Решение задачи оценки и сравнения альтернатив в общем виде подразумевает наличие четырех этапов:

- представление описания альтернатив;
- разбиение исследуемых объектов на классы, определяемые набором свойств;
- установления приоритетности на множестве классов альтернатив;
- разбиение каждого класса на "уровни приоритетности".

Четвертое условие подразумевает сравнение объектов относящихся к одному и тому же качеству.

Переходя на формальные формулировки, можно сказать, что:

- альтернатива рассматривается как общее понятие, которое выражено соответствующим выражением логики предикатов:
- пространство альтернатив разбивается на классы, соответствующие описаниям альтернатив;
- устанавливается порядок на множестве классов альтернатив;
- устанавливается порядок внутри каждого класса, либо на его разбиении.

Рассмотрим описанные этапы с точки зрения их формализованного представления.

С точки зрения теории математических структур разбиение множества альтернатив на классы, определяемые структурой совокупности свойств, которыми описываются альтернативы, моделируется построением фактор-множеств на совокупностях изучаемых альтернатив, каждому из которых приписывается определенное «качество», играющее роль отношения эквивалентности. Второй этап подразумевает введение отношения порядка на полученном классе фактор-множеств.

Третий этап подразумевает введение отношения порядка на построенных фактор-множествах, который определяет приоритетность альтернатив внутри каждого фактор-множества. Однако в наиболее обшей ситуации оценки состояния сложных объектов и ситуаций, наличие неопределенностей, субъективных параметров оценки ситуации, недостаточная точность оценки интенсивности тех или иных свойств, возможно введение лишь частичного порядка, объявляя эквивалентными альтернативы предпочтение между которыми имеющимися средствами установить не удается. Таким образом, третий этап включает как повторную факторизацию полученных фактор-множеств, так и введение отношения порядка на полученном «вторичном» фактор-множестве.

Последний этап означает введение отношения линейного порядка на классе фактор-множеств оцениваемых альтернатив (качеств).

2 Описание эталонных классов.

Пусть <X1,X2,…,X> пространство признаков, определяющих состояние объекта управления (ситуацию управления), каждая точка этого пространства - ситуация управления, причем в общем случае значения признаков могут носить как числовой, так и вербальный характер. Ситуация управления описывается кортежем $<x_1^0,x_2^0,\ldots,x_n^0>$, который является множеством как упорядоченная н-ка. Здесь $x_1^0 \in X_1$, $x_2^0 \in X_2,\ldots,x_n^0 \in X_n$.

Будем считать, что управляющее воздействие *полностью* определяется ситуацией управления (при этом если есть другие факторы влияющие на выбор управляющего решения, например, *ресурсы управления, особенности системы управления и т.д.*), то они могут быть введены как через расширение размерности пространства признаков.

Если $R=\{r_i\}_{in}$ –множество упавленческих решений (i=1,n), то в сущестующем предположении имеется отображение (сюрьекция) $f:<X_1,X_2,\ldots,X_n>\rightarrow R$. Введем отношение ≈ такое, что

$<x_1^0,x_2^0,\ldots,x_n^0>\approx<x_1^0,x_2^0,\ldots,x_n^0>$

$\Leftrightarrow f(x_1^1,x_2^1,\ldots,x_n^1)=f(x_1^2,x_2^2,\ldots,x_n^2)$, тогда отношение ≈-отношение эквивалентности. Образуем фактор-множество вида:

$<X1,X2,\ldots,X>|_{\approx}$, элементы которого

$\mathbf{<x_1^0,x_2^0,\ldots,x_n^0>}=\{<x_1,x_2,\ldots,x_n>|<x_1,x_2,\ldots,x_n>\approx<x_1^0,x_2^0,\ldots,x_n^0>\in<X1,X2,\ldots,X>\}$.

Элементы построенного фактор-множества будем называть эталонными классами пространства: $<X_1,X_2,\ldots,X_n>$ относительно отношения эквивалентности ≈.

Пусть множество {Эi}- совокупность эталонных классов, а {Rj} –совокупность управленческих решений, тогда на первом этапе формирования классификационной модели принятия управленческого решения решается задача сопоставления каждому эталонному классу некоторого управленческого решения, т.е. устанавливается отображение

$h:\{Эi\}\rightarrow\{Rj\}$

От отображения, в общем случае требуется лишь, что бы оно было сюръективным. Возможны ситуации, в которых оно не будет даже однозначным, т.е. не будет функциональным.

Заключение

Моделирование процессов принятия решения при управлении сложными системами сталкивается со сложностями связанными с разнообразием и сложностью объектов управления. Применение тех или иных специальных методов описания всех этапов технологии принятия управленческих решений зависит от природы объекта управления. Эффективность моделирования процессов принятия решений связана с разработкой единой теоретической базы, позволяющей, в частности, переходить от обобщенного описания к выбору специальных языков описания технологии принятия управленческих решений, учитывающим природу объекта управления, наличие неопределенности в описании его состояния и т.д.

Литература

1. *А.И. Субетто*. Введение в квалиметрию высшей школы. М.1991.
2. *А.И.Субетто, А.В.Титов.* Ситуационный подход к применению методов специальных квалиметрий в системах мониторинга качества образования на различных уровнях. Труды восьмого симпозиума "Квалиметрия человека и образования.-М.: ИЦ, 1999.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Титов А.В.

Российский университет транспорта (МИИТ)

a.v.titov@mail.ru

Аннотация. Ставится задача формирования общей базы математического моделирования задач управления качеством систем и процессов сложной природы. Анализируются проблемы, которые возникают при математическом моделировании задач управления объектами большой сложности. На основе использования концепции синтетической квалиметрии и системного подхода намечены пути формирования общей базы формального описания процесса управления качеством сложных объектов и процессов.

Ключевые слова: ситуационный подход ,объект управления, формальный язык, модель, синтетическая квалиметрия, математическая структура.

Введение

В сложившихся в настоящее время условиях эффективное решение задач управления процессами в социальной, экономической, техногенной и других сферах и прогнозирования «хода» их развития становится все более актуальной проблемой. Однако, как показывает практика последнего времени, принимаемые решения зачастую приводят лишь к ухудшению и без того не простой ситуации.

Это предъявляет новые требования, как к качеству управления, так и к способами моделирования задач управления и прогнозирования развития сложных систем и процессов.

К объективным трудностям моделирования можно отнести то, что моделируются все более сложные объекты и процессы, информация о которых не полна, расплывчата, а часто и противоречива. Современные средства моделирования не всегда эффективны в таких условиях. Это обстоятельство породило ряд новых инструментов описания объектов моделирования, к которым можно отнести эвристические методы, теорию нечетких множеств, теорию фракталов, теорию экспертных оценок, «мягкое» моделирование.

1 Синтетическая квалиметрия как методологическая основа общего подхода к описанию состояний сложных объектов и процессов.

Подбору (разработке) модели предшествует подбор теории, в терминах которой определяются базовые структуры данных и операции в модели.

Подбор формализации и знание границ применимости модели очень важны при математическом моделировании, т.к. неадекватность модели может привести к серьезным ошибкам в выводах. Здесь полезен логический анализ, позволяющий вскрыть корни недостатков и ограниченности формализации, выяснить неадекватность ситуации и применяемых средств.

При решении задач моделирования важно учитывать, что в зависимости от сложности и природы объекта управления в описании элементов модели оценки может использоваться различный формальный аппарат, т.е. различные формы описания состояний объекта управления и методов оценки этих состояний. Классификация форм описания и используемых при этом формальных языков разрабатывалась А.И.Субетто в рамках синтетической квалиметрии, которая включает как составные части общую и специальные квалиметрии. При этом, специальные квалиметрии порождаются как раскрытие общей квалиметрии относительно методов и формальных моделей оценки, при этом как показано в работах А.И.Субетто, разные виды специальных квалиметрии находятся в органической связи друг с другом и образуют единое целое в рамках синтетической квалиметрии.[1]

В работе [2,3] раскрывается взаимосвязь между различными типами специальных квалиметрий, описываются некоторые характеристики ситуаций в которых проводится оценка качества и рекомендуемые для них типы формального описания в рамках специальных квалиметрий. Определяются языки, на которых эффективна формализация модели при различных видах объектов моделирования.

Среди языков моделирования в специальных квалиметриях выделяют следующие [1,4]:

- Естественный язык.
- Язык предикатов.
- Язык теории множеств
- Язык универсальной алгебры, в частности булевой алгебры.
- Язык теории вероятностей.
- Язык нечетких множеств,
- Язык теории графов.
- Язык функционального анализа.
- Язык теории моделей
- Язык теории структур.
- Категорный язык.

Общим для всех языковых форм формализации состояний объекта управления является то, что при доминирующем в настоящее время подходе это состояние описывается на основе атрибутов или признаков характеризующих описываемый объект. При этом признаку придается статус свойства, которое в логике называют предикатом. Таким образом, язык предикатов или некоторый более общий язык естественным образом оказывается вершиной языковой структуры при формировании теории.

При использовании языка предикатов класс состояний объекта управления, отвечающих этому описанию задается классом $K=\{x \mid F(x)\}$, где x- объект или ситуация из определенного семейства ситуаций, F- свойство, Запись F(x) означает, что объект x обладает свойством F.

Формулы языка предикатов, имеют эквивалентную теоретико-множественную форму. Например фигура силлогизма:

A(M,P)

A(S,M)

A(S,P)

может быть записана в логической форме как

$\forall x((F(x)\rightarrow G(x))\wedge(E(x)\rightarrow F(x)))\rightarrow\forall x(E(x)\rightarrow G(x))$.

Эквивалентная теоретико –множественная форма имеет вид:

$((M\subseteq P)\wedge(S\subseteq M))\rightarrow(S\subseteq P)$.

Обобщением может служить запись на языке импликативных решеток:

$(S\Rightarrow M))\bigcap(S\Rightarrow M)\leq S\Rightarrow P$.

Исходя из базовой модели оценки, предложенной А.И.Субетто, модель оценки состояния объекта управления можно представить в виде [3]:

< S; f; R; *A*; *M*>, где

S- совокупность свойств, которыми описывается состояние объекта управления; F – семейство операций на множестве свойств; R – семейство отношений на множестве свойств;*A* – семейство структур оценки свойств; *M*–семейство мер, которыми измеряется интенсивность свойств.

В настоящее время при использовании ситуационного подхода и формировании ситуационных моделей в задачах управления общепринятой является «атрибутивная» концепция представления ситуации управления, аналогичная «атрибутивной» концепции описания качества в общей квалиметрии [3]. В основе «атрибутивной» концепции лежит представление о том, что ситуация управления описывается совокупностью свойств или факторов (атрибутов) присущих этой ситуации. При этом учитываются лишь «существенные» свойства ситуации управления и не учитываются так называемые акциденции.

При ситуационном подходе объект управления, **G={G1, G2,…, Gn}** характеризуется совокупностью признаков **G1, G2,…, Gn**, значениями которых определяется состояние объекта управления. Новые свойства могут образовываться как конъюнкция $G=G_1 \wedge G_2 \wedge,\ldots,\wedge G_k$, некоторой совокупности свойств $G_1, G_2,\ldots,G_k$. из исходной совокупности $G_1, G_2,\ldots,G_n$.

Каждое свойство (признак) **Gi (i∈ I={1,2,…,n})** превращается в показатель ситуации управления, с некоторой совокупностью возможных значений этого показателя. Все показатели, совокупностью которых описывается ситуация управления разбиваются на "объективные показатели" и "субъективные показатели" (экспертные). Каждый показатель ситуации управления Gi характеризуется кортежем **<Gi, oi, Oi>,** где oi - оценка показателя Gi, Oi -шкала или совокупность значений показателя ситуации управления Gi.

При этом класс ситуаций управления, которые эквивалентны ситуации управления описываемой совокупностъю свойств $G_1, G_2,\ldots, G_n$, можно определить по схеме свертывания:

$K=\{x \mid G1(x),G2(x),\ldots, Gn(x)\}$. (1)

При моделировании ситуации управления общего вида часто речь идет не просто о наличии того или иного свойства у объекта управления, а о интенсивности этого свойства, которая в простейшем случае может измеряться мерой со значением в промежутке [0,1].

Использование алгебраической формализации, позволяет обобщить метод на более широкий класс задач управления.

В настоящее время вопросам формального описания «ситуации управления» уделено недостаточно внимания в научной литературе и практически отсутствует в учебной литературе. Что связано, возможно, с тем, что данный вопрос носит междисциплинарный характер. Описание ситуации управления неизбежно приводит к исследованию вопроса о связи классов этих ситуаций с типами формальных языков, в частности с порядками формальных языков.

Дальнейшее обобщение методов формализации задач управления возможно на основе использования языка теории категорий [5].

Категорный подход основан на том, что нечеткое множество связывается с некоторым топосом (т.е. категорией, обладающей конечными пределом и копределом, классификатором подобъектов и допускающей экспонирование), что позволяет для таких множеств определить теоретико-множественные конструкции.

Заключение

В настоящее время моделирование процессов управления сложными объектами и процессов и прогнозирования их развития сталкивается с трудностями связанными с тем, что признанные классическими методы формального моделирования в условиях наличия факторов нечеткости и неопределенности, неполноты информации об основных факторах, влияющих на динамику развития объекта исследования, динамично изменяющейся внешней среды, зачастую не достаточно эффективны. Методы формального моделирования таких объектов и процессов не систематизированы, их применение не базируется на единой методологии, что снижает эффективность их применения. Поиск новых подходов требует, прежде всего, тщательного анализа причин возникающих при моделировании состояний таких объектов. Не достаточно констатации факта низкой эффективности того или иного метода формального моделирования. Практика моделирования состояний сложных объектов в настоящее время часто нацелено на применение качественных, а не количественных оценок. Технически это осуществляется методами теории нечетких множеств, использующей лингвистические переменные, значения которых носят

качественных характер. Однако эта техника не имеет достаточно надежной базы. Разработка такой базы могла бы осуществляться на основе синтеза концепций синтетической квалиметрии, системного подхода и использования новых математических методов, связанных с использованием и разработкой неклассических вариантов формальной логики и теории категорий.

Литература

1. *А.И.Субетто*. Метаклассификация как наука о механизмах и закономерностях классифицирования . - С-Петербург - Москва.: ИЦ, 1994.- 254
2. *А.И.Субетто, А.В.Титов.* Ситуационный подход к применению методов специальных квалиметрий в системах мониторинга качества образования на различных уровнях. Труды восьмого симпозиума "Квалиметрия человека и образования.-М.: ИЦ, 1999.
3. *Титов А. В., Титов И. А.* К вопросу о научном обеспечении ситуационного подхода в государственном управлении. // Управление развитием крупномасштабных систем VLSD`2009. Материалы международной конференции (1-3 октября 2009). Москва. ИПУ.2009, С. 118-120.
4. *А.В.Титов.* Проблема формирования методологии математического моделирования задач прогнозирования и управления развитием сложных систем. // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Философия, Культурология, Политология, Социология. Т.1 (67), №2 - Симферополь.: Крымский федеральный университет им В.И.Вернадского, 2015. сс. [ISSN 1606-3715] сс. 181-188
5. *А.В.Титов.* Алгебро-логические методы в формализации задач управления и прогнозирования развитием сложных систем// Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Философия, Культурология, Политология, Социология. Т.2 (68), №3- Симферополь.: Крымский федеральный университет им В.И.Вернадского, 2016. сс.161-171 [ISSN 1606-3715]

ДЕКОМПОЗИЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК ЭЛЕМЕНТ ФОРМИРВОАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Цыбулевский С.Е.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Организация «Агат», Россия, г. Москва ул. Бутырский Вал д.18, стр.1.

tsybulevsky@mail.ru

Аннотация: О необходимости использования метода декомпозиции результатов научно-технической деятельности в области научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ как эффективного механизма формирования конкурентоспособной политики в области высоких технологий с целью развития научного потенциала авиационно-космических и других крупномасштабных организационно-технических комплексов.

Ключевые слова: Декомпозиция результатов научно-технической деятельности, высокотехнологичное производство, конкурентоспособная политика.

В настоящее время в Российской Федерации уделяется достаточно серьёзное внимание вопросам развития научно-технологического потенциала отечественных крупномасштабных организационно-технических комплексов, отвечающих в том числе за национальную безопасность и суверенитет страны. В качестве одной из приоритетных задач развития ставится достижение результатов, основанных на передовых достижениях в области развития военной науки, техники и технологий не за счёт увеличения объёмов финансирования государственного заказа, а в первую очередь за счёт рационального использования имеющихся научно-технических и технологических заделов, полученных ранее, в том числе по научно-исследовательским, опытно-конструкторским и технологическим работам (НИОК и ТР), выполненным высокотехнологичными предприятиями обрабатывающего комплекса России по государственным контрактам.

В качестве одного из механизмов стимулирования инновационной активности и создания условия для межотраслевого трансферта технологий предлагается реализовать механизм декомпозиции результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, получаемых в высокотехнологичных отраслях отечественной промышленности в процессе осуществления научно-производственной деятельности.

Внедрение усовершенствованных научно-методических подходов в работе с результатами научно-технической деятельности (РНТД) при использовании результатов декомпозиции НИОК и ТР должно стать одним из приоритетных направлений работы научных подразделений предприятий в целях

решения задач создания инновационных знаний, повышения и совершенствования качественных характеристик научно-технической продукции, способствующих не просто завоеванию передовых позиций как на внутреннем, так и внешних рынках, а созданию (открытию) новых рынков высокотехнологичной продукции и технологий.

Любая деятельность и научно-техническая деятельность в том числе становятся эффективными не сами по себе, а когда у заказчиков и исполнителей приходит понимание принципов построения существующей системы знаний, методов и способов их овладения и эффективного использования. [1]

В целях решения поставленной задачи эффективного использования РНТД, полученных при выполнении государственных контрактов в области НИОКР и ТР [2], предлагается рассмотреть теоретические подходы, основанные на методе декомпозиции полученных РНТД, т.е. разделении целого на составные части или процесс обратный процессу композиции (агрегированию).

Используемые теоретические подходы носят общенаучный характер, основанный на применении методов анализа и синтеза, а также аналогии и моделирования полученного результата и направлены прежде всего на то, чтобы задать определённый порядок (алгоритм) работы с полученным РНТД.

Основополагающая идея декомпозиции РНТД заключается в полноценном разделении систем, подсистем всех уровней кооперации на составные элементы, образующие конечный результат и осмыслении каждого элемента как самостоятельной единицы, способной к агрегированию с другими элементами, образовывая при этом совершенно новые подсистемы, системы и конечный результат с качественно иными функциональными свойствами и техническими параметрами.

Применение данного подхода должно базироваться на обширной, глубоко проработанной государственными заказчиками базе данных РНТД, формируемой по итогам закрытия этапов и актов государственных контрактов как основного элемента инфраструктуры базы знаний, финансируемых государством.

Современные условия российской действительности предъявляют к государственным заказчикам требование рациональности использования имеющихся ресурсов, не допуская дублирования работ по однотипной тематике, что свою очередь ведёт к перерасходу бюджетных инвестиционных ресурсов.

На этапе формирования технического задания государственный заказчик способен обеспечить максимально выгодные для себя условия, добившись от исполнителя государственного контракта в области НИОК и ТР снижения конечного уровня стоимости изделия как за счёт применения более совершенных конструкционно-технических решений, так и за счёт применения новых, более совершенных технологий изготовления изделия. Кроме того, на этапе формирования технического задания государственный заказчик способен смоделировать новое изделие с более качественными тактико-техническими характеристиками, применив метод декомпозиции и последующего агрегирования научно-технических заделов, хранящихся в базе знаний.

Построение эффективной системы привлечения и последующего использования активов обуславливается поиском рационального баланса интересов в процессе проведения комплекса мероприятий государственной политики и реализации стратегических планов развития высокотехнологичных компаний в части повышения эффективности расходования инвестиционных ресурсов на научно-технологическое развитие, являющейся элементом формирования конкурентоспособной политики в области высоких технологий.

Литература

1. Цыбулевский С.Е. «Методологические аспекты декомпозиции и последующего анализа результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при разработке высокотехнологичной продукции» // Известия Военной академии ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого № 272. Балахиша: ВА РВСН, 2017.

2. Муракаев И.М., Цыбулевский С.Е. «К вопросу повышения эффективности результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в производственной деятельности предприятий оборонной промышленности путём их конгломерации» // Научно-практический журнал «Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики». Серия экономика и право № 10 2017 г. (октябрь) с.44-48.

СЕКЦИЯ 2: МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ И ПРОГРАММАМИ

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ РЕПУТАЦИИ ИНВЕСТОРА В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕАЛИЗАЦИИ МЕГАПРОЕКТА

Бакуменко М.А., Сигал А.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Россия, г. Симферополь, пр. Ак. Вернадского, 4

bakumenko_ma@mail.ru, ksavo3@gmail.com

Аннотация: В работе обосновывается необходимость количественной оценки возможного изменения репутации инвестора, обусловленного подготовкой и реализацией мегапроекта. Предлагается методика проведения данной оценки.

Ключевые слова: инвестиционный проект, мегапроект, инвестор, оценка эффективности, репутация, имидж.

Введение

Подготовка и реализация эффективных инвестиционных проектов (ИП) в реальном секторе экономики необходима для устойчивого развития как страны в целом, так и её регионов, а также отдельных хозяйствующих субъектов. Любая инвестиционная инициатива должна быть грамотно обоснована с точки зрения соизмерения получаемых выгод и производимых затрат.

Чем крупнее (масштабнее) ИП, тем более сложным и трудоёмким является процесс обоснования его эффективности, то есть процесс выявления соответствия «…результатов и затрат проекта целям и интересам его участников, включая в необходимых случаях государство и население» [1, с. 58]. Оценивая эффективность ИП, необходимо учесть все возможные его результаты, одним из которых является влияние реализации ИП на репутацию (имидж) инвестора. Термины «имидж» и «репутация» будут рассматриваться как синонимы, и включать в себя восприятие определенного субъекта как внешними (по отношению к нему), так и внутренними группами заинтересованных лиц.

1 Особенности оценки эффективности мегапроектов

Особое значение для развития экономики страны, её регионов и отраслей имеют мегапроекты (МП) – ИП, которые требуют значительных объёмов инвестиционных ресурсов, наличия большого числа участников, продолжительного временного интервала реализации, и предполагают осуществление определенного числа взаимосвязанных монопроектов. МП характеризуются разнообразностью результатов и имеют значительный охват по территории оказываемого влияния.

Как показывает практика [2], МП, реализуемые в России в значительной степени за счёт средств федерального бюджета, часто не имеют достаточного экономического обоснования их эффективности, в ряде случаев требуют в процессе их осуществления дополнительных финансовых затрат, и в некоторых случаях не достигают запланированных целей.

Полностью согласимся с мнением, изложенным в [3], о первостепенной важности оценки общественной эффективности МП. Обосновывая МП, кроме учёта финансовых результатов для его непосредственных участников необходимо анализировать его результаты «…с позиции государства и общества…» [3, с. 63], учитывая в т.ч. последствия реализации в социальной и экологической сферах, а, в ряде случаев, также политические последствия и воздействие на имидж страны [2, с. 50].

В процессе обоснования эффективности МП также просчитывают его коммерческую эффективность. Согласно [4], оценка коммерческой эффективности ИП должна учитывать (кроме прочих аспектов) возможное влияние проекта на репутацию инвестора. МП существенно затрагивают интересы различных групп заинтересованных лиц и поэтому обладают способностью существенного изменения репутации инвестора в результате их реализации. МП, как правило, вызывают повышенный интерес общественности и СМИ к процессу их реализации и результатам.

На прединвестиционной фазе жизненного цикла МП целесообразно проводить количественную оценку возможного изменения репутации инвестора в результате реализации проекта. Основных инвесторов может быть несколько и одним из инвесторов может являться государство. Предлагаемая оценка должна проводиться для каждого инвестора в отдельности. Результаты данной оценки могут служить дополнительным критерием принятия решения об участии в МП. Рассматривая государство как инвестора, следует оценивать изменение имиджа органов государственной власти и управления, принимающих решение о финансировании МП и курирующих его реализацию.

Оценивая возможное изменение репутации инвестора в результате осуществления МП, следует помнить о существовании принципа уникальности. МП особо уникальны и нетиражируемы. Ещё одной особенностью процесса оценки эффективности МП является потенциальная возможность осуществления достаточно больших затрат на прединвестиционные исследования и возможность привлечения высококлассных экспертов в конкретных предметных областях.

2 Методика оценки возможного изменения репутации инвестора в результате осуществления мегапроекта

Реализация МП может оказать положительное (отрицательное) воздействие на репутацию его инвесторов (как государственных структур, так и частных компаний). Репутационным аспектам в процессе принятия инвестиционных решений зачастую не уделяют должного внимания и если и проводят данную оценку, то она носит качественный (описательный) характер. Целесообразно на основе качественных исследований формировать количественную оценку возможного изменения репутации инвестора в результате реализации МП. Такая оценка была предложена авторами в работах [4-5] и относилась к процессу сравнительной оценки эффективности ИП.

Относительно оценки эффективности особо крупных проектов данная методика требует модификации, обусловленной спецификой МП. Процесс планирования МП является сложным и трудоёмким, может быть связан с рядом трудностей. В процессе реализации МП могут наблюдаться отклонения от намеченных целей (в положительную и отрицательную сторону). Учитывая масштаб данных последствий, можно утверждать, что влияние МП на репутацию инвестора будет обусловлено не только заявленными официальными целями МП, но также уровнем успешности его реализации, то есть будет зависеть от того, в каком объёме будут достигнуты цели МП.

Поэтому, проводя на прединвестиционной фазе жизненного цикла проекта оценку возможного изменения репутации инвестора в результате реализации МП, нужно прогнозировать несколько сценариев осуществления проекта и проводить исследование в рамках каждого сценария. Оценка возможного изменения репутации инвестора в результате реализации мегапроекта может быть определена по формуле (1), с учётом ограничений (2).

$$PRC = \sum_{i=1}^{k} RC_i \cdot p_i . \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{k} p_i = 1;\ p_i \geq 0. \quad (2)$$

где PRC – возможное изменение репутации инвестора в результате реализации мегапроекта; RC_i – изменение репутации инвестора в условиях наступления i-го сценария реализации мегапроекта; p_i – вероятность наступления i-го сценария; k – количество разработанных сценариев.

Величины p_i определяются экспертным путём. Как говорилось ранее, одной из особенностей процесса оценки мегапроектов является возможность привлечения высококлассных экспертов. Показатель RC_i вычисляется по формуле (3), с учётом ограничений (4).

$$RC_i = \sum_{t=1}^{T} \left(\left(r_{it} - r_t \right) \cdot w_t \right),\ i = \overline{1, k}. \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^{T} w_t = 1,\ w_t \geq 0,\ t = \overline{1, T}. \quad (4)$$

где r_{it} – предполагаемая реакция t-й целевой группы на инвестора в результате наступления i-го сценария реализации МП; r_t – реакция t-й целевой группы на инвестора в настоящий момент времени; w_t – весовой коэффициент, определяющий важность мнения t-й целевой группы для инвестора; T – количество целевых групп.

Величины r_{it} и r_t могут принимать значения из промежутка [– 1; 1] и соответствуют специальной шкале, которая выражает отношение к инвестору в виде числа и представлена в работах [4-5]. Для определения величин r_{it} и r_t могут быть применены технологии экспертного оценивания в сочетании с методами качественных исследований, таких как: анкетирование, опрос, деловая беседа,

медиа-мониторинг и др. Значение показателя $PRC > 0$ говорит о предполагаемом улучшении репутации инвестора в результате реализации МП, $PRC < 0$ – о предполагаемом ухудшении репутации. Когда $PRC = 0$, репутация инвестора предположительно не изменится.

3 Теоретико-игровая модель поиска оценки вектора весовых коэффициентов

Для того, чтобы принять обоснованное решение, базирующееся на применении формулы (3), необходимо корректно определить оценку неизвестных значений компонент w_t, $t = \overline{1,T}$, вектора весовых коэффициентов. Поиск этих оценок может основываться на применении разных методов и моделей. Рассмотрим теоретико-игровую модель поиска оценки неизвестных значений компонент w_t, $t = \overline{1,T}$, вектора весовых коэффициентов, впервые предложенную в работе М.А. Бакуменко, А.В. Сигала [4]. Одним из преимуществ этой модели является то, что её можно применить и в том случае, когда истинные значения уровней компетентностей экспертов неизвестны. Математический аппарат, используемый в этой модели, не обладает особой сложностью. Для понимания этого математического аппарата достаточно знания основ теории матричных игр, изложенных в таких классических первоисточниках, как [6-7].

После нахождения значений векторов частных приоритетов, можно вычислить компоненты вектора общих приоритетов (значения соответствующих весовых коэффициентов) по формуле

$$w_t = \sum_{s=1}^{S} e_s \cdot w_{st},\ t = \overline{1,T}, \quad (5)$$

где e_s – уровень компетентности эксперта s; w_{st} –важность критерия W_t по мнению эксперта s; S – количество экспертов; T – количество целевых групп.

Рассмотрим матричную игру, заданную своей платежной матрицей $\mathbf{W} = \mathbf{W}_{S\times T} = \left(w_{st}\right)$, т.е. конечную игру двух лиц (игроков) с нулевой суммой. Пусть в формуле (5) истинные значения уровней e_s компетентностей экспертов неизвестны. Рассмотрим матричную игру, заданную матрицей $\mathbf{W} = \mathbf{W}_{S\times T} = \left(w_{st}\right)$, где w_{st} – важность критерия W_t по мнению эксперта s. Практически без ограничений общности можно считать, что данная матричная игра является игрой без седловой точки, т.е. справедливо строгое неравенство $\alpha < \beta$. Тогда в качестве оценки неизвестных значений уровней компетентностей экспертов можно принять числа $e_s = p_s^*$, $s = \overline{1,S}$, где p_s^* – соответствующая компонента оптимальной смешанной стратегии $\mathbf{p}^*$ первого игрока. Подставив эти значения в формулу (5), можно вычислить оценки значений компонент вектора общих приоритетов (оценки значений соответствующих весовых коэффициентов).

Литература

1. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. – М.: Дело, 2004. – 888 с.
2. *Орлова Е.Р.* Мегапроекты, реализуемые в России, и их внеэкономические экстерналии // Вестник Международного института экономики и права. 2014, № 1. – С. 45-52.
3. *Бочарова И.Е., Клименко С.И., Орлова Е.Р.* Системный подход к оценке мегапроектов, реализуемых в современной России //Сб. науч. трудов VI Международной школы-симпозиума АМУР-2012. – Симферополь: ТНУ имени В.И. Вернадского, 2012. – С. 62-66.
4. *Bakumenko M.A., Sigal A.V.* Reputation Aspects in Investment Decision Making: Contribution to Corporate Security // International Journal of Risk Assessment and Management. Vol. 21. 2018, № 1/2. – P. 111-134.
5. *Бакуменко М.А.* Оценка коммерческой эффективности реальных инвестиционных проектов: методы и модели: монография. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2014. – 228 с.
6. *Neumann J. von, Morgenstern O.* Theory of Games and Economic Behavior. – Princeton: Princeton Univ. Press, 1944. – 625 p.
7. *Blackwell D., Girshick M.A.* Theory of Game and Statistical Decisions. – N. Y.:John Wiley & Sons,1954.,368 p.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ФОРМИРОВАНИЮ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОГРАММ В СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ[38]

Бурков В.Н., Еналеев А.К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vlab17@bk.ru, anverena@mail.ru

Аннотация: Рассматривается задача инвестирования средств для выполнения связанных между собой проектов и работ сложной производственной или научно-технической программы в условиях недостаточного финансирования. В этом случае часть проектов приходится исключить из программы. Описываются алгоритмы выбора оптимального набора приоритетных проектов для финансирования.

Ключевые слова: Распределение ресурса, дискретная оптимизация, задача о ранце, сетевая структура проектов.

Введение

При разработке стратегий и программ развития, а также сложных научно-технических проектов, включающих в состав фундаментальные и прикладные исследования, опытно-конструкторские работы, создание прототипов изделия и пр. обычно в силу недостатка финансовых и других ресурсов приходится решать задачу выделения наиболее приоритетных работ и определения их оптимального финансирования. Ниже для обозначения этих объектов (стратегий, программ развития, сложных проектов и др.) будем использовать термин инвестиционная программа или коротко программа, а для элементов этой программы термин – работа. Связи между отдельными проектами и работами, составляющие программу можно описать с помощью ориентированного графа без контуров. Вершинам графа приписываются работы, являющиеся претендентами для включения в программу, а дуги определяют порядок предшествования этих работ [1]. Возможно также и другое описание порядка выполнения с помощью графа, в котором дуги определяют некоторую предполагаемую работу для включения в программу, а вершины определяют событие завершения работы программы. Такое описание задает последовательность упорядоченных событий. В настоящем докладе рассматривается именно такое представление программы.

Для выполнения каждой работы требуется заданное финансирование, и завершенная работа характеризуется некоторым заданным эффектом. Возникает задача оптимального размещения финансирования между работами, обеспечивающее получение максимального суммарного эффекта. Особенность рассматриваемой задачи заключается в следующем: в случае недостаточного финансирования некоторой работы она не может быть завершена, соответственно, не могут быть выполнены все последующие работы, которые зависят от результата этой работы. Это вынуждает исключить такие работы из состава инвестиционной программы.

Рассматриваемые ниже модель и метод дополняют результаты из [1,2].

1 Описание модели и постановка задачи

Рассматриваемая задача может быть описана математической моделью, сводящейся к задаче о ранце с сетевыми ограничениями (Preceding Constrained Knapsack Problem). Эта задача относится к классу NP-трудных задач [3]. Для ряда частных случаев предложены эффективные алгоритмы решения [1-3]. В докладе рассматривается еще один частный случай, допускающий эффективный алгоритм решения. При разработке предложенных алгоритмов используются подходы, разработанные в [4,5].

Пусть сетевые ограничения задаются сетью с упорядоченными событиями рис.1.

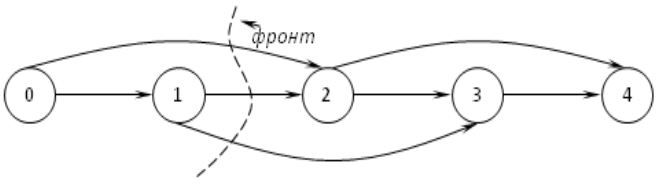


Рис. 1. Пример упорядоченных событий

[38] *Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и ОАО «РЖД» в рамках научного проекта №17-20-05216 и проекта РНФ 16-19-10609.*

В этой сети дуги соответствуют работам, а вершины событиям, причем события совершаются в очередности их номеров. Эта очередность определяется либо тем, что существует путь, проходящий через все события, либо из соображения нумерации событий, связанных с правилом нумерации работ, описанным в [1]. При этом номер событию назначается в порядке номеров завершения упорядоченных (согласно [1]) работ, обеспечивающих выполнение последующей работы.

Для каждой работы задана ее ценность a_{ij} и вес b_{ij} (например, величина расходов на ее выполнение). Задано также ограничение на суммарный вес (суммарный объем финансирования). Требуется определить множество выполняемых работ, такое что их суммарная ценность максимальна при ограничениях на суммарные расходы, с учетом сетевых ограничений.

Обозначим x_{ij}=1, если работа (i,j) входит в множество выполняемых работ, x_{ij}=0 в противном случае. Сетевые ограничения можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} &\text{если } x_{ij}=1, \text{ то } x_{ki}=1,\ (ki)\in V,\\ &\text{если } x_{ij}=0, \text{ то } x_{jk}=0,\ (jk)\in V, \end{aligned} \tag{1}$$

где V – множество дуг сети.

Первое условие означает, что если работа (i,j) выполняется, то выполнены и все предшествующие ей работы. Второе условие означает, что если работа (i,j) не выполняется, то не могут выполняться и все следующие за ней работы.

Дадим математическую постановку задачи.

Задача. Определить $\bar{x}=\{x_{ij}:(i,j)\in V\}$, максимизирующие суммарную эффективность

$$A(\bar{x})=\sum_{(i,j)\in V} a_{ij}x_{ij} \tag{2}$$

при ограничениях (1) и (3)

$$B(\bar{x})=\sum_{(i,j)\in B} b_{ij}x_{ij}\le B, \tag{3}$$

где B – ограничение на суммарные расходы (фонд финансирования).

Определение. Фронтом работ F_s между событиями s и (s+1) называется множество работ (i,j), таких что $i\le s,\ j\ge s+1$.

На рис.1 пунктирной линией показан пример фронта работ F_1, содержащий работы (0,2), (1,2) и (1,3).

2 Метод решения

Обозначим Q_s множество работ, предшествующих событию s (для любых $(i,j)\in V$, имеет место $i\le s$). Пусть в оптимальном решении выполняются все работы множества Q_s и не выполняется хотя бы одна работа множества Q_{s+1}. В этом случае в решение задачи входят все работы фронта Q_s и некоторые работы фронта F_s. Выбор работ фронта F_s определяется из решения задачи о ранце:

Максимизировать

$$\sum_{(i,j)\in F_s} a_{ij}x_{ij} \tag{4}$$

при ограничении

$$\sum_{(i,j)\in F_s} b_{ij}x_{ij}\le B-\sum_{(i,j)\in Q_s} b_{ij}x_{ij}. \tag{5}$$

Задачу (4), (5) решаем для всех s, таких что $\sum_{(i,j)\in Q_s} b_{ij}x_{ij}\le B$.

Обозначим A_s значение (4) в оптимальном решении. Из всех решений выбираем решение с максимальной величиной A_s.

Теорема. Описанный выше алгоритм дает оптимальное решение задачи.

Доказательство. Достаточно доказать, что любое допустимое решение задачи состоит из всех работ множества Q_s и работ фронта F_s. Предположим, что найдется работа (i,j), где $i>s$+1. Но в этом случае должны быть выполнены все работы множества Q_i и, возможно, работы фронта F_i. Теорема доказана.

Описанный алгоритм эффективен в случае однозначного упорядочения работ, т.к. сводится к решению последовательности задач о рюкзаке малой размерности.

Литература

1. *Бурков В.Н., Еналеев А.К.* Обобщенная задача о ранце // Труды 11 международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD 2018)» 1-3 октября 2018, Москва, Россия, М: ИПУ РАН, Т.1. – С.117-123.
2. *Бурков В.Н., Еналеев А.К., Ходунов А.М*. Эффективный алгоритм для частного случая задачи о ранце с сетевыми ограничениями (в печати).
3. *Merer H.K., Pferschy U., Pisinger D*. Knapsack Problem. Berlin, Heidelberg: Springer–Vertlag. 2004. – 546p.
4. *Бурков В.Н., Буркова И.В., Кашенков А.*Р. Структурно-эквивалентные функции в задачах дискретной оптимизации. Проблемы управления. 2007 №1. – С.13-19.
5. *Буркова И.В*. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации //Автоматика и телемеханика. Т.18. 2009, №1. – С.15-21.

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ФРАНЦИИ

Бюффэ Р.

Бизнес-школа Южной Шампани, Труа Седекс,
Франция 217, авеню Пьер Брюссолетт 2071,

Трегуб И.В.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский пр. д.49
itregub@fa.ru

Abstract: В этом исследовании мы оценили степень влияния величины инвестиций в разные ступени образования, такие как дошкольное, начальная школа, среднее образование, высшее образование и высшее специальное образование на социально-экономические показатели Франции и сформулировали рекомендации для управления финансовыми потоками.

Keywords: качество образования, безработица, правительство, эконометрические модели.

Введение

В современной условиях развития общества человеческий капитал является основным фактором, обеспечивающим экономический рост экономики. Благосостояние любой нации находится в тесной зависимости от качества её рабочей силы, т.е. от способностей каждого гражданина наилучшим образом использовать свои знания. В связи с этим изучение методов управления инвестициями в образование является важной задачей экономической политики любого развитого государства. Предметом приведённого исследования являются вложения в человеческий капитал на примере инвестиций в образование Франции. Цель исследования заключается в оценке степени влияния инвестиций в различные сферы образования такие, как дошкольное образование, среднее образование, высшее образование, высшее специальной образование на социально-экономический показатели Франции. Следует отметить важность для правительства Франции сближение образования и экономики для содействия занятости молодежи. В этом ключе образование во Франции является одним из главных приоритетов страны. Это означает, что государство выделяет много ресурсов на развитие образования в стране.

1 Инвестиции в образование Франции

Французская Республика насчитывает около 67 миллионов жителей, проживающих в тринадцати регионах на центральной территории и четырех зарубежных департаментах (2,7 миллиона). Инвестирование социально-экономического развития, в том числе и образования, является приоритетным направлением правительства республики, нацеленным на улучшение жизни населения и благосостояния страны. Инвестиции в высшее образование значительно выросли в период с 2012 по 2013 годы, превысив соответствующее значение в 1980 года. В 2015 году общие государственные расходы на образование составили 5,5% от ВВП, что выше среднего значения по странам Евросоюза. Первоначальный бюджет на 2017 год предусматривал увеличение инвестиций в образование на 850 млн. евро на высшее образование и 814 млн. евро на зарплату учителям. Однако после президентских выборов 2017 года новое правительство в рамках разработанной программы «Программа будущих инвестиций» сократило величину запланированных инвестиций. В контексте рационализации общих государственных расходов образование все еще остается приоритетом. Все это повышает

актуальность исследований эффективности инвестиционных проектов в образование с целью прогнозирования и преодоления будущих вызовов. Программа, запущенная в начале 2018 года с бюджетом в 10 миллиардов евро, нацелена на финансирование не только образования, но и научных исследований. Инвестиции в образование растут, поэтому повышается ответственность за эффективное их использование. Вопросу количественной оценки степени влияния инвестиций в различные образовательные проекты на социально-экономические индикаторы Франции и посвящена это работа.

2 Ключевые переменные в моделях управления инвестициями

Для изучения как величина инвестиций в каждую из сфер образования влияет на социально-экономические показатели, характеризующие общество и экономику Франции, в качестве зависимых переменных мы выбирали такие переменные, как уровень безработицы среди различных социальных и возрастных групп населения, развитие науки, расходы на конечное потребление, др. Полный список зависимых и объясняющих переменных с их обозначениями, используемыми в моделях, приведен в таблице 1.

Таблица 1. Зависимые и объясняющие переменные в моделях управления инвестициями

Зависимая переменная		**Объясняющая переменная**	
SG.GEN.PARL.ZS	Доля мест, занимаемых женщинами в национальных парламентах (%)	GOV.S.SEC1	Расходы на одного учащегося в среднем образовании
NE.CON.TOTL.KD	Расходы на конечное потребление (в постоянных ценах 2010 г.)	K.T.S.ELE	Соотношение ученика и учителя в начальном образовании
SP.POP.TECH.RD.P6	Техники в НИОКР (на миллион человек)	GOV.S.ELE	Расходы на начальное образование
SP.POP.SCIE.RD.P6	Исследователи в НИОКР (на миллион человек)	GOV.S.PRE	Расходы на дошкольное образование
IP.PAT.RESD	Патентные заявки, резиденты	GOV.S	Государственные расходы на образование
IP.JRN.ARTC.SC	Научно-технические журнальные статьи	GOV.S.ELE2	Расходы в младших классах средней школы
IP.IDS.RSCT	Заявки на промышленные образцы, резидент, по количеству	GOV.S.ELE1	Расходы на одного учащегося в начальном образовании
SL.UEM.TOTL.NE.ZS	Безработица, всего (% от общей рабочей силы) (национальная оценка)	K.T.S.TER	Педагогический коллектив в высшем образовании
SL.UEM.NEET.ZS	Доля молодежи, не занятой в сфере образования или обучения (% от численности)	K.T.S.SEC	Соотношение учеников и учителей в среднем образовании
SL.UEM.INTM.ZS	Безработица со средним образованием (% от общей рабочей силы со средним образованием)	K.T.S.PRE	Соотношение учеников и учителей в дошкольном образовании
SL.UEM.BASC.ZS	Безработица с базовым образованием (% от общей рабочей силы с базовым образованием)	K.T.S.P.S	Педагогический персонал в среднем специальном образовании
SL.UEM.ADVN.MA.ZS	Безработица с продвинутым образованием, мужчины (% мужской рабочей силы с продвинутым образованием)	GOV.S.P.S	Расходы на среднее полное общее (специальное) образование
N.PRIV	Процент зачисленных в частные высшие учебные заведения	GOV.S.TER	Расходы на высшее образование
N.IM	Число студентов из-за рубежа, обучающихся в стране	GOV.S.TER1	Расходы на одного учащегося в высшем образовании

Статистические данные были загружены с открытых источников: международной финансовой организации The World Bank, и с сайта Мирового Атласа Данных аналитического агентства Knoema. Для разработки моделей использовались годовые данные.

Поясним некоторые из использованных переменных. Соотношение учеников и учителей – это количество воспитанников, получающих образование, деленное на количество педагогов,

задействованных в процессе обучения. Данный показатель вычисляется отдельно для каждой ступени образования и отражает на наш взгляд, качество образования.

3 Полученные результаты

Для оценки степени влияния государственных инвестиций в разные сферы образования с целью определения приоритетных направлений инвестирования был разработан комплекс эконометрических моделей линейной регрессии.

Оценка коэффициентов осуществлялась методом наименьших квадратов с среде GRETL. Для анализа и принятия решения были отобраны модели, прошедшие процедуру тестирования предпосылок теоремы Гаусса-Маркова, имеющие высокую объясняющую способность, высокое качество спецификации модели и нормальное распределение остатков. В качестве примера приведены полученные оценки коэффициентов для модели объяснения влияния величины инвестиций в разные сектора образования на зависимую переменную «Доля мест, занимаемых женщинами в национальных парламентах» приведены в таблице 2.

Таблица 2. Оценки коэффициентов модели SG.GEN.PARL.ZS модели SL.UEM.BASC.ZS

SG.GEN.PARL.ZS	**Коэффициент**	**P-значение**	**Значимость**	**SL.UEM.BASC.ZS**	**Коэффициент**	**P-значение**	**Значимость**
Константа	67,7609	0,0049	***	Константа	−1,9398	0,9112	-
GOV.S.ELE	5,81907	3,22E-06	***	GOV.S.TER	-0,65991	0,9412	-
GOV.S.PRE	1,75587	1,39E-06	***	GOV.S.P.S	-0,1368	0,4903	-
GOV.S.TER	1,34443	0,032	**	K.T.S.P.S	-1,20203	0,3327	-
GOV.S.P.S	44,8656	3,46E-12	***				

Как видно из таблицы, все коэффициенты для модели SG.GEN.PARL.ZS значимы. Значение скорректированного коэффициента детерминации показывает, что на 90,1 процента изменение зависимой переменной объясняется величиной инвестиций в рамках линейной модели регрессии.

В числе других результатов работы показано, что инвестирование во все ступени образования оказывает положительное влияние на развитие науки. Так при увеличении доли государственных расходов на высшее образование в общих расходах на один процентный пункт приводит к увеличению в годовом исчислении числа лиц, принимающих участие в НИОКР на 96 исследователей, количества патентов на 523 заявки, публикаций в научных журналах на 1925.

Вместе с тем влияние величины инвестиций в различные сферы образования на уровень безработицы среди населения с разным уровнем образования не однозначно. В таблице 2 приведены результаты оценки эконометрической модели безработицы. Можно отметить, что согласно данным таблицы 2, на уровень безработицы среди людей со средним образованием (SL.UEM.BASC.ZS) инвестиции в развитие образование и улучшение его качества влияния не оказывают. Несмотря на отрицательный знак при коэффициентах (свидетельствующий, что улучшение качества среднего специального образования (K.T.S.P.S) и увеличение инвестиций в высшее (GOV.S.TER) и в среднее специальное (GOV.S.P.S) образование во Франции ведет к снижению безработицы среди людей со средним специальным образованием, все эти переменные, в целом, не значимы. Поэтому величина инвестиций в данные области не может служить управляющей переменной в вопросах сокращения безработицы, поскольку дополнительные финансовые потоки в эти сферы не приведут к сокращению безработицы.

Полученные результаты имеют важное социально-экономическое значение. Они позволяют лицам, принимающим управленческие решения на государственном уровне обоснованно распределять денежные потоки в различные сферы образования, тем самым увеличивая эффективность инвестиций и их положительное влияние на социально-экономические индикаторы Франции

Литература

1. *Трегуб И.В.* Эконометрика на английском языке – М.: РуСайс, 2017. 110 с.
2. *Трегуб И.В.* Оценка эффективности социальных инвестиций с применением корреляционно-регрессионного анализа // Управленческие науки. 2014. № 4. С. 62-66.
3. *Трегуб И.В.* Особенности инвестирования в инновационные проекты // Экономика. Налоги. Право. 2013. № 3. С. 28-32. 26. 121.
4. *Трегуб И.В.* Корпоративные социальные инвестиции как фактор управления трансформацией организаций // сб. Управление социальными изменениями в нестабильных условиях материалы. Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. 2016. С. 481-485.

К ВОПРОСУ ОБ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЕ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕГИОНАХ

Виноградова Е.П., Шамба Д.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vep4545@mail.ru, vz15lv@ipu.ru

Аннотация: Рассматриваются некоторые аспекты анализа отраслевой структуры инвестиций на примере СКФО в период с 2010 по 2017гг.

Ключевые слова: инвестиции, структура, регионы, СКФО

Введение

Регионы имеют различные условия развития, соответственно, и разные результаты экономической деятельности. Это обусловлено неравенством в природных ресурсах и финансировании. Состояние инфраструктуры и логистические особенности региона, климатические условия, человеческий капитал также вносят вклад в диспропорции экономического развития. Для выработки региональной инвестиционной политики и управления инвестиционными процессами в условиях соперничества в привлечении инвестиций и финансирования программ развития региона, конкуренции между регионами в производстве однотипной продукции , возможностях сбыта и особенностей местного рынка, возникает необходимость учитывать многочисленные факторы и использовать различные критерии оценки эффективности вариантов инвестиционных проектов.

Учитывая различие в инвестиционных рейтингах и инвестиционной привлекательности регионов, а также кризисные, санкционные явления и ограниченность инвестиционных ресурсов возникает необходимость в более тщательном выборе объектов. С этой целью представляет интерес проанализировать некоторые аспекты отраслевой структуры инвестиций в конкретном регионе, в частности, в СКФО России.

1 Отраслевая структура инвестиций в СКФО

Различные источники статистических данных используют частично несовпадающие категории в базах данных или неполные данные. Отчеты местных органов могут отличаться от данных центральных органов. В данных учитываются реально не выполняющиеся или нерентабельные инвестпроекты. Поэтому многие эксперты в своих исследованиях опираются на собственные базы данных, которые создают и обновляют с учетом данных от местных администраций, агентств инвестиционного развития регионов, анкетирования крупнейших госкорпораций, предприятий и наиболее активных инвесторов,результатов мониторинга наиболее капиталоемких инвестпроектов. Например, аналитический центр «Эксперт Юг».

Анализ инвестиций в основной капитал СКФО по видам экономической деятельности показал следующую динамику объемов инвестиций по наиболее капиталоемким категориям (рис.1), [1].

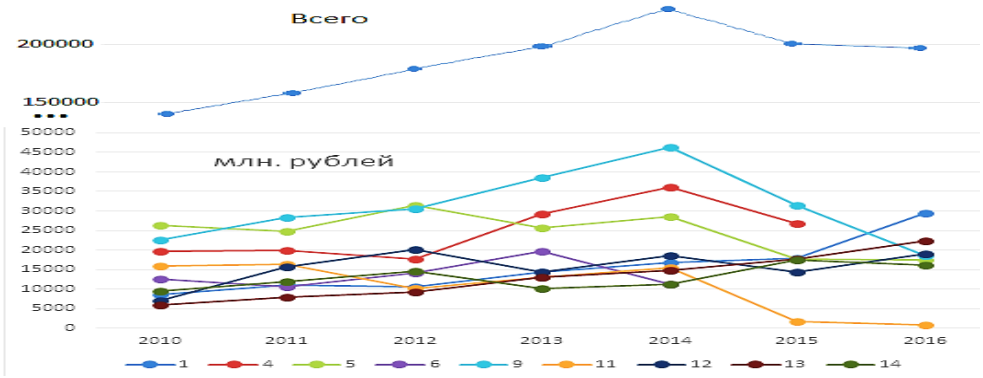


Рис. 1. Динамика объема инвестиций по наиболее капиталоемким категориям.

Здесь 1 - с/х, охота и лесное хозяйство 4 – обрабатывающие производства; 5 - пр-во и распределение эл/энергии, газа и воды; 6 - строительство ; 7 - торговля; ремонт транспортных средств, бытовых изделий; 9 - транспорт и связь; 11- операции с недвижимым имуществом; 12 – государственное управление, безопасность, социальное страхование 13 –образование; 14 – здравоохранение и социальные услуги.

Приведенные данные демонстрируют явный спад инвестиций в СКФО по указанным категориям и в целом после кризиса 2014 года. Тем не менее категории 1,7,12,13 к 2016г. имеют восходящий тренд. Проанализирована динамика амплитуды колебаний инвестиционных вложений в основной

капитал СКФО в исследуемый период по совокупности 9 наиболее капиталоемких сфер деятельности.

Аналогичный показатель по отраслям за совокупный период 2010-2016 представлен на диаграмме, рис.2. Следует отметить, что размах колебаний и их динамика помимо объективных обстоятельств зависят также и от административного ресурса.



Рис. 2 . Амплитуда колебаний объема инвестиций в основной капитал СКФО по отраслям в диапазоне 2010-2016гг. (млн. рублей)

Приведенные выше данные позволяют наглядно оценить временные отклонения, выявить наиболее стабильные и наиболее динамичные отрасли. В частности, на рис. 3 видно, что наиболее стабильными по объему инвестиций в данном периоде были строительство и здравоохранение, а наиболее динамичной категорией оказалась категория «Транспорт и связь».

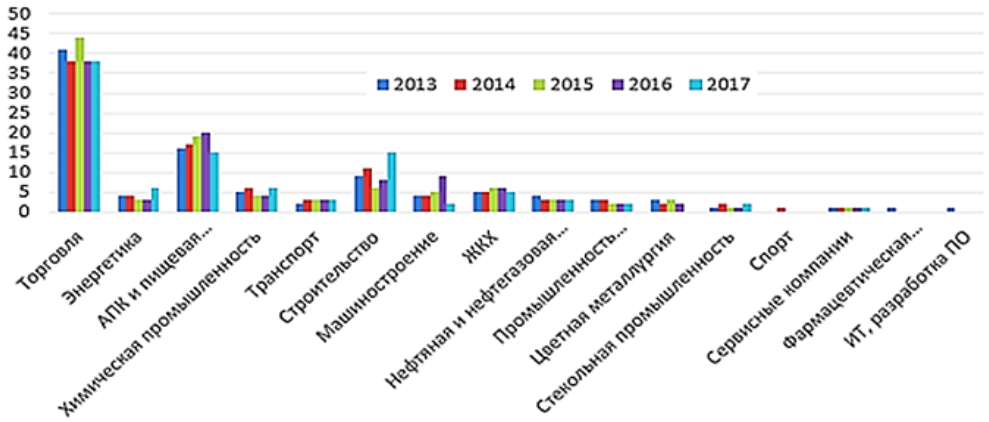


Рис. 3. Количество крупных инвестпроектов в различных отраслях в период с 2013 по н/в

На основе данных вышеупомянутого аналитического центра, нами была построена диаграмма, отражающая количество крупнейших инвестпроектов в разных отраслях с 2013 по 2017гг. – Рис 3.

Конкретные данные по отраслям с указанием количества прибыльных проектов на интервале 2013-2017гг. были сведены в единую таблицу (табл.1). Такие данные при сопоставлении с другими, например, динамикой инвестиций, рэнкингами инвестпроектов региона (составляемыми аналитическим центром «Эксперт ЮГ»), позволяют выявлять тренды в развитии инвестиционной деятельности и проводить детальные анализы для принятия решений по инвестициям [2].

При использовании дополнительных инструментов анализа, используемых в последнее время экспертами, выявляются интересные тенденции, которых не получишь из официальных источников, например, Росстата. Ежегодные отчеты экспертов содержат данные по отраслям, регионам, проектам таких значимых показателей, как рентабельность, рост/падение рентабельности, доля в совокупной выручке и ее динамика, стоимость проекта и ее доля в совокупной стоимости, прибыль и убытки, абсолютные и относительные отраслевые и региональные объемы инвестиций в основной капитал и т.д.

Таблица 1. Инвестиции в основной капитал СКФО по видам экономической деятельности (без субъектов малого предпринимательства; миллионов рублей)

Отрасль	**2013**	**2014 г.**	**2015**	**2016**	**2017**
Торговля	41 / 32	38 / 28	44 / 40	38 / 34	38 (37) / 28
Энергетика	4 / 3	4 / 2	3 / 2	3 / 2	6 / 2
АПК и пищевая пром-сть	16 / 16	17 / 16	19 / 16	20 / 20	17 / 15
Химическая пром-сть	5 / 5	6 / 4	4 / 4	4 / 4	6 / 6
Транспорт	2 / 2	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3
Строительство	9 / 8	11 / 8	6 / 6	8 / 8	15 / 14
Машиностроение	4 / 4	4 / 2	5 / 3	9 / 7	2 / 2
ЖКХ	5 / 4	5 / 3	6 / 3	6 / 3	5 / 5
Нефтяная и нефтегазовая пром-сть	4 / 2	3 / 3	3 / 1	3 / 1	3 / 2
Пром-сть строительных материалов	3 / 3	3 / 2	2 / 1	2 / 2	2 / 2
Цветная металлургия	3 / 2	2 / 1	3 / 2	2 / 2	
Стекольная пром-сть	1 / 0	2 / 2	1 / 0	1 / 1	2 / 0
Спорт	0	1 / 1			
Сервисные компании	1 / 0	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Фармацевтическая пром-сть	1 / 0	0 /0			
ИТ, разработка ПО	1 / 0	0 / 0			
Итого	100 / 81	100 / 75	100 / 82	100 / 88	100 / 80

Проводя постоянный мониторинг с использованием собственных методик, эксперты получили интересные результаты. Например, выявили тренды, что в некоторый период количество реализуемых в СКФО крупных инвестпроектов за год снизилось при том, что их объём вырос; что большая часть проектов зависит от судьбы конкретных политических фигур; АПК и пищевая промышленность — наиболее рентабельные отрасли в экономике региона. Средний срок окупаемости этих отраслевых проектов составляет три-четыре года. Поэтому в них возможен быстрый рост новых и перспективных в ближайшие годы проектов. В какие периоды какие отрасли обладают наибольшим потенциалом для привлечения инвестиций. Отраслевыми лидерами по доле в общей стоимости были названы АПК и энергетика. Промышленность региона имеет небольшой вес в базе. Снизился интерес инвесторов к химической промышленности и металлургии. Неплохое положение у промышленности строительных материалов [3].

Заключение

Хотелось бы выделить некоторые тенденции инвестиционных процессов СКФО, полученные коллективом экспертов, на которые обращают внимание многие специалисты данной области [3]:

- после кризиса инвестпортфель Северного Кавказа обновился, а также сократился по объёму и по количеству;
- больше половины базы приходится на проекты с участием государства;
- значительное увеличение в некоторые периоды числа убыточных предприятий, а также компаний с низкой рентабельностью (до 1%);
- тренд: децильная структура рэнкинга крупнейших инвестпроектов демонстрирует, что инвестпроекты в СКФО имеют тенденцию к укрупнению;
- появление нового лидера инвестиционного процесса СКФО - проекта создания инновационного медицинского кластера - изменило отраслевую структуру рэнкинга;
- растущими остались металлургия, энергетика и химическая промышленность;
- в отраслевой структуре рэнкинга одна из крупнейших доля «Туризма» уменьшилась;
- в экономике Северного Кавказа имеется дефицит небольших компаний и инвестпроектов стоимостью от 100 до 300 млн долларов, с короткими сроками реализации, и мало зависящих от политической конъюнктуры.

Литература

1. Регионы России. Социально-экономические показатели: http://www.gks.ru/
2. *Николай Проценко.* Кавказские монополисты погрязли в беспросветных убытках 12.10. 2015. http://expertsouth.ru/novosti/kavkazskie-monopolisty-pogrjazli-v-bespr.html.
3. *Андрей Чумичев. Новый* драйвер инвестиций СКФО — государство. «Эксперт Юг» №4 (402). 2017: http://expert.ru/south/2017/04/novyij-drajver-investitsij-skfo---gosudarstvo/.

ПРИНЦИПЫ ОПТИМАЛЬНОСТИ В СТОХАСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ ФОНДОВОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ

Горелик В.А.[1], Золотова Т.В.[2]

[1]ВЦ ФИЦ ИУ РАН, Россия, г. Москва, ул. Вавилова д.40

[2]Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва, Ленинградский пр. д.49

gorelik@ccas.ru, tgold11@mail.ru

Аннотация: Предложен подход к выбору критериев оптимальности в стохастических задачах инвестирования, моделируемых в виде игр с природой с известными вероятностями состояний. Этот подход основан на совместном использовании критериев эффективности (математическое ожидание) и риска (типа VAR). Для возникающей двухкритериальной задачи в качестве способа формализации использован метод перевода одного критерия в ограничение. Рассматривается случай чистых стратегий (выбор одного варианта инвестиций) и случай смешанных стратегий (диверсификация вложения средств).

Ключевые слова: игра с природой, эффективность, риск, чистая стратегия, смешанная стратегия

В реальных процессах принятия решений в сложных системах, в частности, в задачах фондового инвестирования, лицо принимающее решение (ЛПР) действует в условиях неполной информации относительно будущего состояния системы и, следовательно, результатов своей деятельности [1]. Математическая модель подобных ситуаций называется «игрой с природой», а учет неопределенности и нейтрализация связанных с ней потерь при выборе решения называется управлением риском. Различают случаи вероятностной неопределенности, когда имеется информация о вероятностях состояния природы, и полной неопределенности, когда такой информации нет. Здесь мы рассмотрим двухкритериальный подход «эффективность – риск» для первого случая, который будем называть принятием решений в стохастических условиях. Для второго случая, т.е. принятия решений в условиях неопределенности, аналогичный подход рассматривался в [2].

Рассмотрим ситуацию, когда ЛПР может выбирать одну из стратегий (альтернатив) $i = 1,...,n$, при известном наборе возможных вариантов состояний внешней среды (природы) $j = 1,...,m$. Выигрыш от *i*-го решения при *j*-м состоянии внешней среды есть a_{ij}. Матрица выигрышей от реализации возможных решений есть $A = \| a_{ij} \|$. Вероятности состояний природы q_j будем считать известными. ЛПР необходимо выбрать ту стратегию, которая приведет по возможности к большему выигрышу, но при этом возможные потери вследствие неполноты информации будут как можно меньше.

Наряду с матрицей выигрышей в играх с природой часто вводят матрицу риска, которая определяется следующим образом. Разность между выигрышем, который получает ЛПР, зная состояние внешней среды *j*, и выигрышем, который будет получен в ситуации, когда ЛПР выберет произвольную стратегию *i*, а состояние внешней среды окажется тем же *j*, называется риском при использовании стратегии *i* в условиях состояния *j* и обозначается r_{ij}. Матрица $R = \| r_{ij} \|$ называется матрицей риска, ее элементы $r_{ij} = \max\limits_{1 \le k \le n} a_{kj} - a_{ij} \ge 0$.

В условиях неопределенности если ЛПР использует гарантированный подход к выбору решения, предполагая, что внешняя среда (природа) действует по отношению к нему наихудшим образом, то он применяет критерий Вальда $W = \max\limits_{1 \le i \le n} \min\limits_{1 \le j \le m} a_{ij}$.

Если ЛПР, стремясь избежать возможных потерь вследствие неполноты информации, выбирает ту стратегию (альтернативу), которая гарантирует минимальный риск, то он использует критерий Сэвиджа $S = \min\limits_{1 \le i \le n} \max\limits_{1 \le j \le m} r_{ij}$.

Эти критерии в общем случае дают разные оптимальные стратегии, поэтому имеет смысл подход, состоящий в их совместном использовании в условиях неопределенности (см. [2]). Однако в стохастических условиях дело обстоит иначе. Если в данном случае в качестве оценки эффективности стратегии i принять математическое ожидание выигрыша $\bar{a}_i = \sum\limits_{j=1}^{m} a_{ij} q_j$, а в качестве оценки риска $\bar{r}_i = \sum\limits_{j=1}^{m} r_{ij} q_j$, то имеет место равенство $\bar{a}_i + \bar{r}_i = \sum\limits_{j=1}^{m} (\max\limits_{1 \le i \le n} a_{ij}) q_j = C$. Поэтому одна и та же стратегия максимизирует средний выигрыш и минимизирует средний риск.

Таким образом, если мы хотим применить двухкритериальный подход «эффективность – риск» при выборе решения, то оценка риска по Сэвиджу нам не подходит. При дальнейшем изложении мы будем использовать функцию VAR, которую в русском переводе можно назвать «значение при риске». Эта функция определяется как вероятность события, при котором выигрыш ЛПР не больше некоторого порогового значения, выступающего в качестве аргумента. Для определения этой функции при фиксированной чистой стратегии i надо произвести перестановку элементов в порядке роста в данной строке матрицы A и построить ступенчатую функцию распределения вероятностей. Введем обозначение для условной вероятности выигрыша не больше x при условии применении i-й чистой стратегии $P_i(x)$. При построении функции распределения для параметра x достаточно взять дискретные значения, равные элементам строки в порядке роста, а вероятность вычисляется путем суммирования q_j от индекса минимального элемента до индекса последнего не превосходящего x элемента.

Пример 1. Дана матрица выигрышей $A=\begin{pmatrix}4 & 2 & 3\\ 2 & 16 & 1\\ 1 & 5 & 7\end{pmatrix}$ и вероятности состояний природы q_1=0.5, q_2=0.25, q_3=0.25. Тогда $\bar{a}_1$=3.25, $\bar{a}_2$=5.25, $\bar{a}_3$=3.5, $P_1(2)$=0.25, $P_1(3)$=0.5, $P_1(4)$=1, $P_2(1)$=0.25, $P_2(2)$=0.75, $P_2(16)$=1, $P_3(1)$=0.5, $P_3(5)$=0.75, $P_3(7)$=1.

Если, например, для параметра x функции VAR взять значение равное 2, то $P_1(2)$=0.25, $P_2(2)$=0.75, $P_3(2)$=0.5. Если в качестве единственного критерия взять средний выигрыш, подлежащий максимизации, то оптимальна 2-я стратегия. Если в качестве единственного критерия взять вероятность выигрыша не больше 2 и его минимизировать, то оптимальна 1-я стратегия.

Таким образом, неясно на какой из этих критериев следует ориентироваться при выборе оптимальной стратегии. Хотелось бы согласно критерию математического ожидания иметь выигрыш больше в среднем, а согласно критерию VAR –поменьше вероятность неблагоприятного исхода. Особенно это очевидно, когда речь идет о вероятности отрицательного результата, т.е. потерь. Использование для выбора оптимальной стратегии только одного критерия становится недостаточным. Приходим к двухкритериальной задаче, которую необходимо каким-то способом формализовать.

Рассмотрим постановку задачи двухкритериальной оптимизации, в которой один из критериев переведен в ограничение. Если в ограничении – функция VAR с пороговым значением r_0, то получаем задачу

$$(1)\quad \sum_{j=1}^{m} a_{ij} q_j \to \max_{i\in I}, \quad I=\{i \mid P_i(x)\le r_0\}$$

Процедура вычисления $P_i(x)$ состоит в следующем. Обозначим через π_i перестановку элементов i-й строки в порядке роста. В результате применения перестановки $\pi_i(a_{i1},\ldots,a_{im})$ получаем строку $a_{ij_1},\ldots,a_{ij_m}$. Тогда

$$(2)\quad P_i(x)=\sum_{j=j_1}^{j_k} q_j\ ,$$

где j_k определяется из условия $a_{ij_k}\le x<a_{ij_{k+1}}$. При этом считаем, что если $x<a_{ij_1}$, то $P_i(x)=0$, а если $a_{ij_m}\le x$, то $P_i(x)=1$.

Пусть в примере 1 при x=2 пороговое значение есть r_0=0.5, тогда ограничение в задаче (1) выполняется для стратегий 1 и 3, и решением задачи (1) является 1-я стратегия.

Рассмотрим теперь вопрос: имеет ли смысл использование смешанной стратегии при такой постановке. Ответ на этот вопрос не очевиден, т.к. при известных вероятностях состояний природы максимум математического ожидания выигрыша достигается на чистых стратегиях. Но при данном подходе ответ оказывается положительным.

Итак, общая постановка задачи имеет вид

$$(3)\quad \sum_{i=1}^{n} \bar{a}_i p_i \to \max_{p\in S}, \quad S=\{p \mid \sum_{i=1}^{n} p_i P_i(x)\le r_0,\ \sum_{i=1}^{n} p_i=1,\ p_i\ge 0, i=1,\ldots,n\}.$$

В задаче линейного программирования (3) имеется два ограничения, поэтому в общем случае решение может содержать не больше двух ненулевых переменных.

Пример 2. Возьмем данные из примера 1. Тогда задача (3) примет вид:

$$3.25p_1 + 5.25p_2 + 3.5p_3 \to \max_p,$$

$$0.25p_1 + 0.75p_2 + 0.5p_3 \le 0.5, \quad p_1 + p_2 + p_3 = 1,\ p_i \ge 0,\ i = 1,2,3.$$

Решение этой задачи есть $p^0 = (0.5, 0.5, 0)$.

Если в ограничении – математическое ожидание с пороговым значением a_0, то для случая чистых стратегий получаем задачу

$$(4)\quad P_i(x) \to \min_{i \in I_1}, \quad I_1 = \{i \mid \sum_{j=1}^{m} a_{ij} q_j \ge a_0\}.$$

Для случая смешанных стратегий соответственно имеем задачу

$$(5)\quad \sum_{i=1}^{n} p_i P_i(x) \to \min_{p \in S_1}, \quad S_1 = \{p \mid \sum_{i=1}^{n} \bar{a}_i p_i \ge a_0, \sum_{i=1}^{n} p_i = 1,\ p_i \ge 0,\ i = 1,\ldots,n\}.$$

Пример 3. Пусть a_0=3.3. Тогда для данных из примера 1 при x=2 ограничения выполняются для 2-й и 3-й стратегии. Но для 3-й стратегии функция VAR принимает меньшее значение, следовательно, оптимальна 3-я стратегия. Для случая смешанных стратегий имеем задачу

$$0.25p_1 + 0.75p_2 + 0.5p_3 \to \min_p,$$

$$3.25p_1 + 5.25p_2 + 3.5p_3 \ge 3.3, \quad p_1 + p_2 + p_3 = 1,\ p_i \ge 0,\ i = 1,2,3.$$

Решение этой задачи есть $p^0 = (0.975, 0.025, 0)$.

Изложенный подход к выбору оптимальной стратегии был применен в задаче краткосрочного инвестирования средств в акции российских телекоммуникационных компаний. Инвесторы, принимая решение на фондовом рынке, прогнозируют будущие цены (или доходности) финансовых инструментов. В свою очередь при прогнозировании будущих доходностей можно использовать фундаментальный или технический анализ. Фундаментальный анализ основан на исследовании закономерностей, которые определяют стратегию в долгосрочной перспективе, а технический анализ предполагает исследование предыдущих значений показателей финансовых инструментов (например, доходностей) для кратковременных сделок [3]. Был проведен технический анализ и найдены оптимальные стратегии инвестирования по реальным данным о котировках акций трех компаний: Мегафон, МГТС, Ростелеком за период с 01.10.2018 по 31.12.2018. Например, решение задачи (5) минимизации вероятности потерь не менее чем 0.1% с ограничением на среднее значение доходности не менее 0.1% дало оптимальную смешанную стратегию $p^0 = (0.16, 0, 0.84)$, т.е. вложение в акции компаний Мегафон и Ростелеком в пропорции 4:21.

Литература

1. *Vasilyev S. and Tsvirkun A.* “Problems of managing the development of large-scale systems in modern conditions”, 10th International Conference Management of Large-Scale System Development, Proceedings, IEEE Conference Publications, 2017. pp.1-5.
2. *Горелик В.А., Золотова Т.В.* Принципы оптимальности в задачах управления крупномасштабными системами// Управление развитием крупномасштабных систем: Труды 11 международной конференции. Том 1. С.252-258. М.: ИПУ РАН, 2018.
3. Шарп Уильям Ф., Александер Гордон Дж., Бэйли Джефри В. Инвестиции. М.: ИНФРА-М, 2018.–1028с.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЛЛЬНЫХ ОЦЕНОК

Гусев В.Б.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
gusvbr@ipu.ru

Аннотация. Предложен способ формализации модели сложного объекта с использованием экспертных данных. Сложный объект представляется в виде набора взаимодействующих компонент (факторов). Для численных характеристик отдельных взаимодействий компонент используются балльные оценки, которые в зависимости от объекта исследования могут интерпретироваться как степень риска, затраты времени, материальных ресурсов, степень влияния при взаимодействии компонент. Для каждого из перечисленных типов оценок применяются соответствующие вычислительные операции, а результатами расчетов являются балльные оценки системного ответа исследуемого объекта на внешние воздействия, формируемые в процессе счета как транзитивное замыкание первичных оценок. Приводятся примеры различных способов формализации.

Ключевые слова: модели сложного объекта, экспертные данные, балльные оценки, степень риска, затраты ресурсов, степень влияния.

Введение

Объектом анализа является сложный объект, представимый в виде набора взаимодействующих компонент. Информация об объекте носит экспертный (качественный или полуколичественный) характер. Цели формализации: получить исходную (первичную) модель функционирования сложного объекта. Эта модель отображает его функциональные особенности и характеристики свойств сложного объекта как системы [1-3]. Первичная модель системы предназначена для расчетов отклика ее компонент на различные виды воздействий и различные условия ее функционирования (сценарии). Взаимодействие компонент объекта может описываться с помощью графов, матриц, формульных выражений. На основе первичной модели может быть построена модель полного отклика системы. Например, если мы работаем с системой, описываемой линейными операциями, то в качестве модели полного отклика мы получаем матрицу отклика сложного объекта на произвольную конфигурацию воздействий на компоненты объекта, учитывающую как первичные, так и косвенные воздействия (их транзитивное замыкание) [4].

Основными понятиями при формализации сложного объекта являются: факторы модели, которые соответствуют компонентам сложного объекта; взвешенный граф взаимодействия этих компонент (факторов); оценки степени влияния компонент, оценки рисков воздействия одних компонент на другие, оценки временных затрат (задержек), оценки затрат ресурсов (материальных, финансовых). При этом, используется понятие примитивного (непосредственного) взаимодействия факторов и понятие косвенных (опосредованных) влияний факторов (через факторы-посредники в транзитивных цепочках).

Рассматриваются следующие типы вычислительных операций при расчете вышеперечисленных взаимодействий: операции многозначной логики, линейные операции, операции с временными задержками, операции с оценками затрат ресурсов.

Представление моделей

Взаимодействие факторов реализуется последовательностью (потоком) операций – последовательных или параллельных. Конечным результатом перечисленных операций является транзитивное замыкание взаимодействий.

Формализацию сложного объекта можно представить следующими этапами:

- Выделение компонент или факторов, характеризующих функционирование сложного объекта
- Определение типа связей между компонентами и их характера (взаимно компенсирующий, дополнительный, смешанный тип связей)
- Определение или уточнения степени влияния в балльной системе.
- Представление схемы связей или взаимодействия в формализованном виде.

Процесс формализации сложного объекта является начальной стадией моделирования. Этот процесс начинается с подбора факторов, характеризующих рассматриваемую проблему и их классификации. С точки зрения проблемы целеполагания наиболее подходит древообразная структура.

Для перехода к расчетам по модели необходимо конкретизировать вычислительные операции, которые отображают этапы взаимодействия компонент объекта.

Интерпретация результатов и верификация модели взаимодействий заключается в следующем. Эксперт анализирует полный граф взаимовлияний факторов и сопоставляет их с реальными наблюдениями или с реальным опытом. Если есть расхождение – то проводится верификация модели с целью ее согласования с реальным опытом.

Приведем пример предложенного метода формализации сложного объекта. Рассматриваются факторы финансовой политики ЦБ РФ, влияющие на показатели экономического роста. Для получения прогноза оценок влияния необходимо учесть определенное количество первичных связей и косвенных влияний факторов. Предполагается, что оценки этих первичных связей могут быть заданы экспертным путем. Формульное представление схемы влияний факторов состоит из уравнений, правая часть которых содержит имена факторов с весами – балльными оценками влияния, соединенные знаками дизъюнкции $\vee$ (означает независимое влияние факторов) или конъюнкции $\wedge$ (применяется тогда, когда соответствующие факторы правой части оказывают влияние только в совокупности).

Пример формульного представления схемы влияний представлен в табл. 1.

Таблица 1. Формульное представление схемы влияний.

Ставка рефинансирования = 5(Спрос на деньги (издержки)) $\vee$ (-5) (Предложение денег)
Ставки по кредитам = 5(Межбанковские ставки) $\vee$ 6(Ставки по депозитам) $\vee$ (-6)(Предложение денег)
Межбанковские ставки = 5(Ставка рефинансирования) $\wedge$ 7(Спрос на деньги)
Ставки по депозитам = 4(Межбанковские ставки)
Дефлятор (Индекс инфляции) = 6(Спрос на деньги)
Спрос на деньги = -6(Ставки по кредитам) $\vee$ 5(Дефлятор)
Предложение денег = 4(Ставки по депозитам) $\vee$ 7(Эмиссия)
Эмиссия = -5(Предложение денег)

В таблице 2 приведено матричное представление схемы влияний. Здесь совокупное влияние факторов представляется группировкой коэффициентов матрицы. Каждая группа обозначается нечисловым (буквенным) постфиксом (окончанием) с фиксированным символом. Разные группы в строке имеют различные постфиксы.

Таблица 2. Пример матричного представления схемы влияний.

	1. Ставка рефинансирования	2. Ставки по кредитам	3. Межбанковские ставки	4. Ставки по депозитам	5. Дефлятор	6. Спрос на деньги	7. Предложение денег	8. Эмиссия
1.Ставка рефинансирования						5	-5	
2.Ставки по кредитам			5	6			-6	
3.Межбанковские ставки	5a					7a		
4.Ставки по депозитам			4					
5.Дефлятор						6		
6.Спрос на деньги		-6			5			
7.Предложение денег				4				7
8.Эмиссия							-5	

На рис. 1 представлен граф влияний. Сплошными стрелками обозначены положительные влияния, пунктирными стрелками – отрицательные влияния.

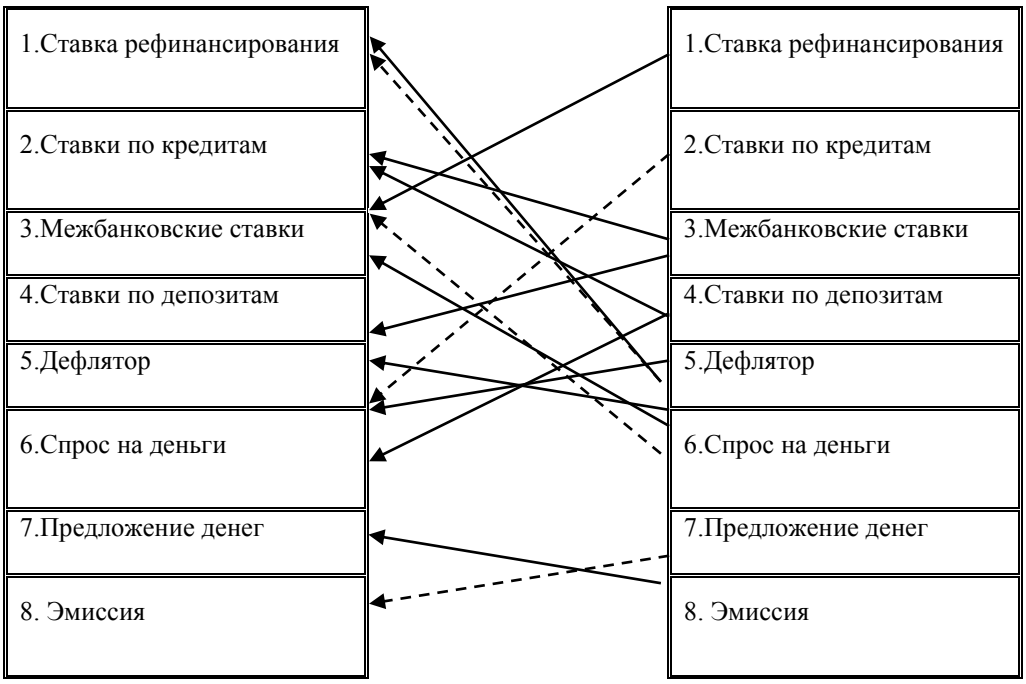


Рис. 1. Граф влияний

Транзитивное замыкание набора примитивных связей выполняется разными способами, соответствующими разным реализациям логических операций, а также разным горизонтам временного интервала прогнозирования.

Заключение

Представленные подходы к формальному описанию сложных объектов и систем имеют следующие особенности. Они предполагают отсутствие исчерпывающей количественной информации об объекте. Качественную информацию об объекте как меру состояния и взаимодействия элементов системы можно оценивать с помощью баллов. Формализация является только первым шагом моделирования и принятия решений. Процесс моделирования использует как формализованную модель, так и расчет операций. Принятие решений на основе моделирования использует соответствующие критерии и методы выбора.

Разработанный метод формализации является новым, и применим для исследования сложных объектов различной природы. В частности, он может применяться в следующих областях: кредитно-денежная политика ЦБ [5], нематериальные активы [6], региональное развитие [7].

Литература

1. *Axelrod R.* The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton: University Press, 1976.
Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко, Р.М. Нижегородцев, И.В. Чернов (Научное издание). М.:ИПУ РАН, 2002. 122с.
2. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем: в 2-х кн./ под ред. В.Л. Шульца, В.В. Кульбы. – М.: Наука, 2012.
3. *Гусев В.Б., Исаева Н.А.* Экспертный анализ системного эффекта от взаимовлияний факторов кредитно-денежной политики для поддержки принятия решений на основе рефлексивных процедур линейного оценивания и логического вывода / В.Б. Гусев, Н.А. Исаева//Проблемы управления.– 2014.– № 6.– С.59-67.
4. *Гусев В.Б., Исаева Н.А.* Метод рефлексивного оценивания взаимодействия факторов денежно-кредитной политики / В.Б. Гусев, Н.А. Исаева // Фундаментальные исследования. – 2013. – №10 часть 9. – С. 2005-2009.
5. *Гусев В.Б., Исаева Н.А.* Анализ влияния нематериальных активов на инновационные процессы // Московский экономический журнал. 2016. №4. http://qje.su/innovatsii-i-modernizatsiya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-4-2016-32/.
6. *Гусев В.Б., Исаева Н.А.* Рефлексивный анализ кредитно-денежной политики для крупномасштабной экономической системы / Труды 8-ой Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2015, Москва). М.: ИПУ РАН, 2015. Т.1. С. 165-171.

МЕХАНИЗМЫ СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ[39]

Еналеев А.К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
anverena@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются задачи формирования иерархических отношений между агентами, имеющими собственные цели, в сетевой структуре взаимодействия агентов. Такие отношения определяются предоставлением права первого хода отдельным агентам. Для решения этой задачи предлагается использовать механизмы согласованного планирования и стимулирования.

Ключевые слова: Согласование, принятие решений, степень децентрализации, равновесие, сеть, план, стимулирование, оптимальность.

Введение

Сложность управления организационными системами, состоящими из большого количества агентов, взаимодействие которых описывается сетевой структурой связей, приводит к необходимости формирования иерархических структур соподчинения агентов друг другу или дополнительным органам управления, а также к допущению определенной децентрализации принятия решений в системе. При исследовании таких систем возникают проблемы организации степени соподчинения агентов и выбора степени децентрализации, приводящие к формированию иерархических структур. Отметим, что изучению этих проблем посвящено очень большое число научных работ. В большинстве этих работ необходимость формирования иерархических структур связывают с невозможностью обработки больших объемов информации единственным органом управления (Центром), вычислительной сложностью задачи расчета Центром оптимального плана, недостаточной информированностью Центра об агентах, наличием собственных целей у агентов и стремлении получить ими наибольший выигрыш при принятии решений.

В последнем случае проблема приобретает игровую постановку. В этом случае требуется согласовывать действия агентов, учитывая их целенаправленное поведение. Согласование целей агентов и принимаемых ими решений можно осуществлять путем разработки механизмов управления [1]. В докладе делается акцент на исследовании именно этого случая. В [2,3] такого типа задача рассматривалась для случая, так называемых компенсаторных функций стимулирования по отношению к функциям затрат агентов.

1 Описание модели и постановка задачи

Рассмотрим ориентированный граф $G=(I, A)$ без контуров, где I обозначает множество, состоящее из n вершин, A – множество дуг. Для графа без контуров возможна такая нумерация вершин, при которой все дуги $(i, j) \in A$ удовлетворяют следующему свойству: $j > i$, если i – номер вершины, из которой выходит дуга, а j – номер вершины, в которую входит дуга. В [4] показана возможность такой нумерации вершин для графа без контуров, и такая нумерация названа «правильной». Будем считать, что исходная нумерация вершин графа является «правильной». Для простоты и, по существу, без ограничения общности предположим, что конечная вершина графа, в которую входит хотя бы одна дуга и ни одной не выходит, единственна и имеет номер n. Обозначим J_i множество номеров вершин, от которых дуги направлены в вершину с номером i.

Примем, что вершине с номером i соответствует агент, принимающий решение y_i , где $i=1,\ldots, n$; $y_i \in Y_i(\bar{y}^i)$, $Y_i(\bar{y}^i)$ – множество допустимых решений i-го агента, $\bar{y}^i = \{y_j, j \in J_i\}$ – набор решений агентов с номерами из множества J_i. Будем считать, что множества $Y_i(\bar{y}^i)$ компактны и $Y_i(\bar{y}^i) \subset Y$ где Y – множество с заданной топологией.

Пусть дугам соответствуют функции $\lambda_{ij} = \lambda_{ij}(k_{ij} y_j, y_i) \geq 0$ потерь за отклонение решения y_i от взвешенного решения $k_{ij}y_j$ агента с номером $j \in J_i$, где k_{ij} – заданные коэффициенты, характеризующие соответствие решений y_i и y_j агентов i и j, $\lambda_{ij}(y_i, y_i) = 0$. Для всех агентов

[39] *Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и ОАО «РЖД» в рамках научного проекта №17-20-05216.*

определим целевые функции $f_i(x_i, y_i, \bar{y}_{-i}) = h_i(y_i) - \chi_i(x_i, y_i) - \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(k_{ij} y_j, y_i)$, где $\bar{y}_{-i} = (y_1, ..., y_{i-1}, y_{i+1}, ..., y_n)$ – совокупность решений всех агентов за исключением *i*-го агента; $h_i(y_i)$ – функция дохода, либо функция затрат, *i*-го агента от реализации решения y_i; $\chi_i(x_i, y_i)$ – штрафы, устанавливаемые Центром агенту за отклонение решения y_i от назначенного Центром плана x_i, $x_i \in Y$, $\chi_i(x_i, y_i) \geq 0$, $\chi_i(y_i, y_i) = 0$. Предположим, что функция $h_i(y_i)$ полунепрерывна сверху, а $\chi_i(x_i, y_i)$ и $\lambda_{ij}(k_{ij} y_j, y_i)$ полунепрерывны снизу по всем переменным, каждый из которых может принимать значение на множестве *Y*. Пусть также задана целевая функция центра $F(\bar{x}, \bar{y})$, где $\bar{x}$ – совокупность всех планов, $\bar{y}$ – совокупность решений всех агентов. Предположим, что $F(\bar{x}, \bar{y})$ также полунепрерывна по всем своим аргументам.

Агенты последовательно в порядке их нумерации выбирают решения y_i^* из условия

(1) $$y_i^* \in Z_i(\bar{y}^{*i}) = \operatorname{Arg} \max_{y_i \in Y_i(\bar{y}^{*i})} f_i(x_i, y_i, \bar{y}^{*i}).$$

Обозначим $Z = Z(\bar{x}, \bar{\chi})$ множество стратегий всех агентов, удовлетворяющих условию (1) и рассмотрим показатель эффективности системы $K(\bar{x}, \bar{\chi}) = \inf_{\bar{y}^* \in Z(\bar{x}, \bar{\chi})} F(\bar{x}, \bar{y})$. Здесь зависимость множества *Z* от $\bar{x}$ и $\bar{\chi}$ обозначена потому, что предполагается, что Центр может выбирать механизм управления, т.е. планы x_i и функции штрафов $\chi_i(.,.)$ из заданных множеств Y и Θ_i. В качестве множеств Θ_i допустимых функций штрафов $\chi_i(.,.)$ будем рассматривать $\Theta_i = \{\chi_i(.,.) \mid \chi_i(x,y) - \chi_i(x,v) \leq \theta_i(v,y), \forall x, y, v \in Y\}$, где $\theta_i(.,.)$ заданные показатели роста для функций штрафов [4], удовлетворяющие неравенству «треугольника» $\theta_i(x,y) \leq \theta_i(x,v) + \theta_i(v,y)$ при $\forall x, y, v \in Y$ *Постановка задачи*. Определить оптимальные планы и оптимальные функции штрафов $(\bar{x}^*, \bar{\chi}^*)$:

(2) $$K(\bar{x}^*, \bar{\chi}^*) \geq \sup_{(\bar{x}, \bar{\chi}) \in M} K(\bar{x}, \bar{\chi}) - \varepsilon,$$

где $M = (Y, \Theta)$ – множество допустимых механизмов, $\Theta = (\Theta_1, ..., \Theta_n)$, ε – достаточно малое положительное число.

В случае, когда все $\lambda_{ij} = \lambda_{ij}(k_{ij} y_j, y_i) = 0$, в [5] для задачи (2) показано, что оптимальные планы содержится в множестве согласованных планов, т.е. планов, которые агентам выгодно выполнять, а оптимальные функции штрафов совпадают с их показателями максимального роста $\theta_i(x_i, y_i)$. Заметим, что в этом случае эти показатели характеризуют степень централизации: если $\theta_i^1(x_i, y_i) > \theta_i^2(x_i, y_i)$, то для штрафов с индексом 1 степень централизации выше, чем для штрафов 2.

2 Оптимальность механизмов согласованного управления

Пусть показатели роста ограничены некоторыми константами, $\theta_i(x_i, y_i) \leq c_i$ и $\sum c_i \leq C$, где C – заданная величина.

Рассмотрим случай, когда $\lambda_{ij} = 0$; $h_i(y_i) = -\zeta_i(y_i)$, где y_i – действительные числа, $y_i \geq 0$, $\zeta_i(y_i)$ – функции затрат, монотонно возрастающие по своему аргументу, $\zeta_i(0) = 0$; $F(\bar{x}, \bar{y}) = H(y_1, ..., y_n) - \sum_i (c_i - \chi_i(x_i, y_i))$, где $\chi_i(x_i, y_i) \in \Theta_i$, функция $H(y_1, ..., y_n)$ монотонно возрастает по y_i, i=1,…, n.

Теорема 1. Оптимальное решение задачи централизованного управления (2) определяется из решения задачи: определить набор чисел $\bar{c}^* = (c_1^*, ..., c_n^*)$ и планов $\bar{x}^* = (x_1^*, ..., x_n^*)$ таких, что $H(x_1^*, ..., x_n^*) + \sum_i c_i^* = \max_{\bar{x}, \bar{c}} (H(x_1, ..., x_n) + \sum_i c_i)$, где $x_i \in Y_i(\bar{x}^i)$, $\zeta_i(x_i) = c_i$, $\sum c_i \leq C$, i=1,…, n. При

этом оптимальные функции штрафов равны $\chi_i^*(x_i, y_i) = \begin{cases} 0, & \text{если } y_i = x_i \\ c_i & \text{в противном случае} \end{cases}$, и $y_i^* = x_i^*$ как доминантные стратегии.

Данная теорема обобщает результат [2] об оптимальности механизма с компенсаторными функциями поощрения в сетевых структурах [2,3].

Теорема 2. Если $\chi_i(x_i, y_i) = \theta_i(x_i, y_i)$ для всех $i=1,\ldots, n$, то решения $\bar{y}^* = \bar{x}^*$ представляют собой равновесия по Нэшу в игре n агентов, где $\bar{x}^* \in X^* = \{x_i \ / \ x_i \in P_i(\bar{x}_{-i}), i = 1,...,n\}$,

$$P_i(\bar{x}_{-i}) = \{x_i \in Y_i(\bar{x}^i) | h_i(x_i) - \sum_{j=1 \ j\neq i}^{n} \lambda_{ji}(k_{ij}x_j, x_i) \geq h_i(y_i) - \chi_i(x_i, y_i) - \sum_{j=1 \ j\neq i}^{n} \lambda_{ji}(k_{ij}x_j, y_i), \ \forall y_i \in Y_i(\bar{y}^i)\}.$$

Множества $P_i(\bar{x}_{-i})$ назовем множествами согласованных планов.

Рассмотрим функции штрафов вида $\chi_i(x_i, y_i) = \chi_i^0(x_i, y_i) + \sum_{j\neq i, \ j=1}^{n} \delta_{ij}(x_i, y_i)$, где $\delta_{ji}(y_j, y_i) \geq \max_{z\in Y}[\lambda_{ji}(z, y_i) - \lambda_{ji}(z, y_j)]$.

Теорема 3. Если функции $\chi_i^0(x_i, y_i)$ удовлетворяют неравенству «треугольника» и $x_i \in P_i^0(\bar{x}^i) = \{x \in Y_i(\bar{x}^i) | h_i(x) \geq h_i(y_i) - \chi_i^0(x, y_i), \ y_i \in Y_i(\bar{x}^i)\}$, то $\bar{y}^* = \bar{x}$ как доминантные стратегии.

Предположим, для простоты, что все веса $k_{ij} = 1$. Пусть теперь в системе имеется определенная асимметрия, касающаяся функций потерь $\lambda_{ij}(y_j, y_i)$. Пусть имеется некоторый агент, например, с номером l, такой что для всех $j \in I$ выполняются неравенства

(3) $\lambda_{lj}(y_j, y_l) < \lambda_{jl}(y_l, y_j)$.

Неравенства (3) означают, что потери l-го агента от несовпадения с решением любого другого агента меньше, чем потери этого агента от несовпадения его решения с решением l-го агента.

В этом случае Центр может управлять опосредованно выбором всех агентов путем назначения согласованного плана и функции штрафов только для l-го агента. Таким образом l-й агент формирует уровень иерархии.

Теорема 4. Пусть функции $\lambda_{ij}(y_j, y_i)$ удовлетворяют неравенству «треугольника», т.е. $\lambda_{ij}(y_j, y_i) = \delta_{ji}(y_j, y_i)$, и справедливы неравенства (3), тогда если $x_l \in P_l^0(\bar{x}^l) \bigcap P_l(\bar{x}_{-l})$, то $y_i^* = x_l$ для всех $i=1,\ldots, n$.

Литература

1. *Бурков В.Н.* Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1977. – 256с.
2. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. – М.: Физматлит, 2007. – 584с.
3. *Белов М.В., Новиков Д.А.* Сетевые активные системы: модели планирования и стимулирования // Проблемы управления. 2018. № 1. – С.47-57.
4. *Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А.* Теория графов в управлении организационными системами. – М.: Изд-во Синтег, 2001. – 124с.
5. *Еналеев А. К.* Оптимальность согласованных механизмов функционирования в активных системах // Управление большими системами. 2011. Выпуск 33. – С.143-166.
6. *Enaleev A.K.* Optimal incentive-compatible mechanisms in active systems // Automation and Remote Control. 2013. Vol. 74, No. 3. – P.491-505.

БАЗОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ «ИНДУСТРИЯ 4.0»

Заложнев А.Ю., Гинз В.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва,ул. Профсоюзная д.65
zalozhnev@yandex.ru, vasikos@yandex.ru

Аннотация: В докладе показано, что технологические платформы и инструментальные средства управления, представляющие собой трансформации технологий и систем управления, сформированных на предыдущих этапах промышленного развития, являются функциональной основой методов и информационных технологий, лежащих в основе концепции «Индустрия 4.0».

Ключевые слова: методы и инструментальные средства управления, базовые информационные технологии, технологические платформы, функциональные основы, концепция «Индустрия 4.0»

Введение

Термин «Индустрия 4.0» (Industrie 4.0, Industry 4.0) впервые был озвучен на Hannover Messe 4-8 апреля 2011. В октябре 2012 г. рабочая группа по проекту Индустрия 4.0 (Industrie 4.0) представила набор рекомендаций по реализации этой концепции. Понятие «Индустрия 4.0» устанавливает различие между современным уровнем оснащения промышленного производства и уровнями оснащения производства, достигнутыми в прошлом. Так уровень промышленного развития, обозначаемый как «Индустрия 1.0», был достигнут в Западной Европе в начале 19-го века и предполагал использование первых паровых машин. Уровень промышленного развития, обозначаемый как «Индустрия 2.0», предполагающий использование производственных конвейеров и электрической энергии, был достигнут в начале 20-го века. Уровень оснащения производства, обозначаемый как «Индустрия 3.0», был достигнут в конце 60-х годов 20-го столетия. Он предполагает использование электронного программного управления промышленным оборудованием. Уровень промышленного развития, обозначаемый как «Индустрия 4.0», был достигнут в начале 10-х годов 21-го столетия и предполагает применение промышленного Интернета, а также инфраструктуры более общего и универсального характера, такой как Интернет вещей и Интернет сервисов. Основной технологической задачей, стоящей перед разработчиками платформы Индустрия 4.0, является создание открытого коммуникационного стандарта или протокола такого, например, как стандарты OPC Unified Architecture, openSAFETY или Ethernet Powerlink.

Технологическая концепция Индустрия 4.0 (Industry 4.0, Industrie 4.0) [1] основывается на определенном наборе технологий и экономико-технологических концепций. При этом в качестве базовой экономико-технологической концепции принято рассматривать организацию цепей создания добавленной стоимости (Value Chain Organization – VCO) или, как этот термин обычно принято переводить на русский язык, организацию цепей сбыта. Согласно данной концепции цепи создания добавленной стоимости состоят из трех подсистем: первая – входная подсистема (Inputs) включает в себя процессы поставки сырья и комплектующих; вторая подсистема (Transformation) реализует процесс производства продукции или услуг или преобразования сырья и комплектующих в готовую продукцию, это подсистема, в которой непосредственно происходит процесс создания добавленной стоимости; третья подсистема (Outputs) объединяет процессы доставки готовой продукции или услуг до потребителя. Базовая по отношению к VCO концепция – Value Chain (VC) была впервые сформулирована в работе [2] и предполагала описание операций, относящихся к внутри- и межфирменному взаимодействию, и не распространялась на уровни дивизионов корпораций и межкорпоративное взаимодействие. В первоначальной постановке процессы создания добавленной стоимости разделялись на первичные и поддерживающие (вспомогательные) виды деятельности: primary activities и support или secondary activities. Первичные виды деятельности включают логистику сырья и комплектующих, производственные операции, логистику готовой продукции, маркетинг, продажи и сервис. Поддерживающие виды деятельности включают: закупки – приобретение товаров, работ или услуг у внешнего поставщика; управление человеческими ресурсами; технологическое развитие предприятия; инфраструктуру, которая включает ведение бухгалтерского учета, юридические услуги, управление финансами, public relationship, управление качеством и общий (стратегический) менеджмент. Развитием концепции Value Chain на случай дивизионов корпораций и/или межкорпоративное взаимодействие является концепция Global Value Chains (GVCs). Продвижение значимой для деятельности предприятия информации и документов описывается бизнес-моделью Virtual Value Chain (VVC).

1 Базовые информационные технологии и функциональные основы концепции «Индустрия 4.0»

Функциональной основой платформы Индустрия 4.0 являются киберфизические системы (Cyber-physical systems – CPS или СР-системы) – системы, объединяющие вычислительные устройства, контролирующие физические и технические объекты, и сами эти объекты в единую сеть, в которой производится обмен информацией по заданным протоколам. CPS конструируются, как правило, как сети взаимодействующих элементов, а не как совокупности автономных устройств. Расширением СР-систем является промышленный Интернет (Industrial Internet) [3]. Концепция (инициатива) Industrial Internet была ведена в научный оборот консультантами компании General Electric. Промышленный Интернет представляет собой интегрированную производственную среду, объединяющую сложное промышленное оборудование, сетевые датчики и программное обеспечение. Использование промышленного Интернета на практике предполагает получение больших объемов информации от работающего оборудования, её компьютерный анализ (Big Data) и использование результатов этого анализа для управления этим оборудованием и контроля за ходом выполнения технологических операций. В настоящее адаптация различных технологий к использованию посредством промышленного Интернета производится консорциумом, в которой входят такие компании и корпорации как AT&T, Cisco, General Electric, IBM и Intel.

Проектирование и развертывание СР-систем базируется на т.н. 5C Architecture (5C-архитектура): connection, conversion, cyber, cognition, configuration [4]. Каждая позиция 5C-архитектуры (Connection Level – Conversion Level – Cyber Level – Cognition Level – Configuration Level) соответствует определенному уровню разработки СР-системы: от нижнего (connection) к верхнему (configuration). Моделирование СР-систем основывается на описании функционального взаимодействия макета проектируемого изделия (Functional Mockup Interface или FMI). FMI стандарт является средством разработки технических систем на основе создания их пространственных (3D) моделей. Подход FMI базируется на представлении каждого промышленного изделия в виде совокупности деталей или компонентов, работа каждого из которых может быть описана соответствующими функциональными моделями, и на предположении, что общее управление изделием может осуществляться системой управления, реализуемой на основе соответствующих технологических принципов, например, электронной, гидравлической или программной. Подход FMI оформлен в виде соответствующего стандарта, который в настоящее время поддерживается и разрабатывается под названием Modelica Association Projects. На первоначальном этапе разработки этот проект разрабатывался под наименованием MODELISTAR, и в работе над ним принимали участие такие компании как Daimler AG и Dassault Systemes, занимающиеся программной реализацией принципов 3D-моделирования и разработкой систем управления жизненным циклом промышленной продукции.

Построение систем на платформе Индустрия 4.0 предполагает использование следующих принципов и технологических возможностей при их разработке: наличие возможности для СР-систем, а именно для технологического и бытового оборудования, интеллектуальных предприятий (Smart Factory), а также для обслуживающего персонала взаимодействовать через Интернет (Interoperability); применение виртуальных моделей интеллектуальных предприятий, создаваемых посредством взаимодействия математических и имитационных моделей с данными, получаемыми от датчиков, установленных на производственном оборудовании или в окружающей среде (Virtualization); возможность и способность СР-систем, функционирующих на интеллектуальных принятиях самостоятельно принимать ряд управляющих решений (Decentralization); способность таких систем анализировать поступающую информацию и использовать её для формирования управляющих воздействий в режиме реального времени (Real-Time Capability); возможность для персонала производить обслуживание СР-систем и интеллектуальных предприятий через Интернет, используя функционал Интернета сервисов (Service Orientation); возможность гибкой адаптации и настройки интеллектуальных производств (Modularity).

На основе представленных аргументов в докладе сделан вывод о том, что технологические платформы и инструментальные средства управления, представляющие собой трансформации технологий и систем управления, сформированных на предыдущих этапах промышленного развития, являются функциональной основой методов и информационных технологий, лежащих в основе концепции «Индустрия 4.0». Это, однако, не опровергает исходный тезис о том, что имеются существенные различия между современным уровнем технологического оснащения промышленного производства, соответствующего уровню Industry 4.0, и технологическими уровнями производства, достигнутыми в прошлом.

Литература

1. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Platform Industrie 4.0, 2018. – [Online]. Available: https://www.plattform-i40.de/I40/ Navigation/EN/Home/home.html.

2. Porter M. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. – New York, London: Free Press, Collier&Macmillan, 1985.

3. GE. Industrial Internet, GE Reports, 2018. – [Online]. Available: https://www.ge.com/reports/tag/industrial-internet/.

4. Lee J., Bagheri B., and Kao H-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. 2015, №3. – P.18–23.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ НА ЭТАПЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ

Заложнев А.Ю., Заложнева Л.Л., Перемежко Д.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65,
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
г. Москва, Ленинградский проспект, д.49
zalozhnev@yandex.ru, zalozhneva-l@yandex.ru, peremezhkodv@gmail.com

Аннотация: Управление и планирование жизненного цикла инвестиционных технологических и программных проектов предполагает уже на начальных этапах жизненного цикла количественную оценку вариантов реализации промежуточных этапов проекта и сравнение этих вариантов на основе выбранных критериев. Представленная в настоящем докладе математическая модель позволяет при заданных параметрах уже на прединвестиционном этапе жизненного цикла крупномасштабного инвестиционного технологического программного проекта определить оптимальный состав проектной команды для этапа сопровождения.

Ключевые слова: крупномасштабный инвестиционный проект, технологический проект, программный проект, управление жизненным циклом, сопровождение

Введение

При проведении анализа на начальных этапах жизненного цикла крупномасштабных инвестиционных технологических и программных проектов важной составляющей является разработка нескольких альтернативных вариантов и сравнение этих вариантов на основе выбранных критериев. Представленная в настоящем докладе математическая модель позволяет при заданных параметрах уже на прединвестиционном этапе жизненного цикла инвестиционного технологического или программного проекта определить оптимальный состав проектной команды на этапе сопровождения. Примером крупномасштабного инвестиционного технологического и программного проекта является создание информационной системы. Управлению жизненным циклом такого типа проектов на этапе сопровождения и посвящен данный доклад.

1 Жизненный цикл инвестиционных технологических программных проектов

Создание информационной системы является особым видом сложного технологического и программного проекта и требует эффективной организации производственного процесса. Жизненный цикл инвестиционного проекта в области IT-технологий, как правило, состоит из трех этапов: прединвестиционного, инвестиционного (этапа разработки и внедрения) и этапа сопровождения и эксплуатации информационной системы.

На прединвестиционном этапе должны быть определены цели, задачи и результаты проекта. Важнейшим элементом прединвестиционного этапа является формирование ТЭО. При этом должна быть выполнена оценка финансовой реализуемости, рисков и бюджета инвестиционного проекта. Также должны быть определены окружение и участники проекта, произведена его структуризация и общая декомпозиция работ, определены распределение ответственности со стороны заказчика при выполнении работ и организационная структура управления проектом, сформирована команда проекта и назначен её руководитель, установлены формы и методы управления командой проекта.

На прединвестиционном этапе также должна быть определены модель жизненного цикла информационной системы и концепция её разработки, сформированы исходные требования заказчика к информационной системе.

На инвестиционном этапе выполняется разработка и внедрение информационной системы в соответствии со стандартами и другими нормативными документами, регламентирующими выполнение работ в соответствии с избранной моделью жизненного цикла и концепцией разработки информационной системы.

Управление третьим этапом жизненного цикла инвестиционного проекта – этапом сопровождения и эксплуатации информационной системы может быть рассмотрено как со стороны устойчивого функционирования информационной системы, так и со стороны эффективности реализации инвестиционного проекта в целом. В первом случае основное внимание должно быть уделено быстрому устранению возникающих в процессе эксплуатации информационной системы ошибок и необходимой модификации программного обеспечения, а во втором – возврату инвестированных средств и соблюдению бюджета проекта.

2 Управление жизненным циклом инвестиционного IT-проекта на этапе сопровождения

Управление жизненным циклом инвестиционного IT-проекта на этапе сопровождения реализуется в соответствии со стандартами и другими нормативными актами, регламентирующими выполнение работ в соответствии с избранной моделью жизненного цикла информационной системы. В качестве примера такой регламентации может быть приведен пункт «Процессы поддержки программных средств» раздела «Процессы жизненного цикла программных средств» стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств» идентичного международному стандарту ISO/IEC/IEEE 12207:2008. Этим стандартом общий процесс поддержки программных средств подразделяется на следующие локальные процессы: процесс менеджмента документации программных средств, процесс менеджмента конфигурации программных средств, процесс обеспечения гарантии качества программных средств, процесс верификации программных средств, процесс валидации программных средств, процесс ревизии программных средств, процесс аудита программных средств, процесс решения проблем в программных средствах. К процессам поддержки в определенной степени можно отнести и процесс комплексирования программных средств, относимый рассматриваемым стандартом к пункту «Процессы реализации программных средств». В разделе 7 стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 14764-2006 «Информационная технология. Сопровождение программных средств» содержится рекомендуемая стратегия сопровождения программных средств. Эта стратегия предполагает выполнение следующих этапов сопровождения: создание концепции, планирование сопровождения, анализ имеющихся ресурсов. В пункте 6.2 стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 14764-2006 приводятся следующие типы сопровождения: корректирующее сопровождение, которое связано с изменениями, вызванными необходимостью устранения (исправления) фактических ошибок в программном продукте; профилактическое сопровождение, которое связано с необходимостью устранения потенциальных (скрытых) ошибок в программном продукте; адаптивное и полное сопровождение, направленные на модернизацию программного продукта; модификация, которая подразумевает изменение структуры системы, затрагивающее существующую архитектуру в рамках ограничений, установленных структурой проекта.

Оценка эффективности реализации инвестиционного проекта в целом является типовой задачей комплексного анализа хозяйственной деятельности и осуществляется на прединвестиционном этапе. Процесс принятия решений по инвестиционному проекту включает в себя выбор приемлемых и отклонение неэффективных способов реализации проекта и называется составлением бюджета капиталовложения. При проведении анализа инвестиционных затрат непременным условием является разработка нескольких альтернативных вариантов и сравнение этих вариантов на основе выбранных критериев.

Представленная в настоящем докладе математическая модель позволяет при заданных параметрах (входных данных) уже на прединвестиционном этапе жизненного цикла проекта по разработке и сопровождению информационной системы оценить среднее время выполнения работ по сопровождению и определить оптимальный количественный состав проектной команды для этапа сопровождения (результаты или выходные данные). Рассматриваемая модель основывается на моделях, представленных в [1-3].

В представленной модели используются следующие входные данные:

- среднее количество работ по сопровождению информационной системы, принимаемых к выполнению программной (проектной) командой в единицу времени (например, за рабочий день);

- среднее время выполнения работы по сопровождению информационной системы участником программной команды;
- допустимое время выполнения робот по сопровождению без применения штрафных санкций к проектной команде;
- размер штрафных санкций, предъявляемых к проектной команде за каждый день просрочки выполнения работы по программе;
- средняя заработная плата участника проектной команды.

В результате исследования модели для заданного набора параметров получены следующие результаты (выходные данные):

- среднее время выполнения работы по проекту при заданных условиях;
- оптимальный состав проектной команды на этапе сопровождения.

Представленная модель может быть использована как на прединвестиционном этапе жизненного цикла крупномасштабного инвестиционного IT-проекта для целей планирования, так и непосредственно на этапе сопровождения для оперативного управления проектной командой и повышения эффективности реализации крупномасштабного инвестиционного технологического программного проекта.

Литература

1. *Заложнев А.Ю.* Внутрифирменное управление. Оптимизация процедур функционирования. – М.: ПМСОФТ, 2005. – 290с.
2. *Заложнев А.Ю., Заложнева Л.Л., Перемежко Д.В.* Организация производственного процесса в области it-технологий: определение оптимального количественного состава проектной команды для этапа сопровождения жизненного цикла информационной системы / Сборник тезисов докладов участников конференции молодых ученых и специалистов в области систем автономного управления ракетно-космической техники. М: ФГУП «НПЦАП», 2018. ISBN 978-5-9902269-7-5. – С.280-284.
3. *Заложнев А.Ю., Гинз В.Н., Перемежко Д.В.* IT Project Management. Service Operations Supply Chain Optimization / EURO2018 29th European Conference on Operational Research, Valencia, July 8-11, 2018. Conference Handbook. – Valencia, Spain: Universitat de València, Universitat Politècnica de València, 2018. – P.404.

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ТУРИЗМА

Захаров А.Н.[1], Игнатьев А.А.[2]

[1]Московский государственный институт международных отношений (Университет) МИД России. Проспект Вернадского, д.76, г. Москва, Россия

a.n.zaharov@inno.mgimo.ru

[2]Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт по проблемам добычи, транспорта и переработки минерального сырья в промышленности строительных материалов, Волоколамское шоссе, д.1, стр.1, г. Москва, Россия

director@stroms.ru

Аннотация: Туристский комплекс в Российской Федерации это не только отрасль, но и возможность активизации транспортной, информационно-телекоммуникационной и социальной инфраструктуры. Инновационный туризм основывается на концепции устойчивого развития. Важно проанализировать методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами такими как туризм.

Ключевые слова: инновационный туризм, устойчивое развитие, кластерные проекты, туристские потоки

В настоящее время важно проанализировать методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами такими как туризм. Туристский комплекс в Российской Федерации рассматривается не только как отрасль, но и как возможность активизации транспортной, информационно-телекоммуникационной и социальной инфраструктуры. Кроме того, туризм способствует повышению занятости населения, оживлению местной региональной культурной жизни, возрождению народного творчества, обычаев и ремесел. Современная мировая туриндустрия выступает одним из высокодоходных и динамично развивающихся секторов мировой экономики. Инновационный туризм в настоящее время основывается на концепции устойчивого развития отрасли, то есть включает в себя следующие подкатегории: экологический туризм («зеленый туризм»), сельский туризм (аграрный), культурно-познавательный туризм, в том числе

этнокультурный, а также религиозный туризм. Перечисленные виды туризма могут охватывать как всю территорию страны, так и преобладать в конкретном кластере.

В последнее время тема создания туристско-рекреационных кластеров достаточно актуальна. Во многих странах мира, где туристские потоки наблюдаются в течение всего года, создаются и развиваются отдельные туристско-рекреационные зоны (кластеры). Главная концепция кластера – единое месторасположение предприятий различных видов бизнеса, что служит основой принципа увеличения потоков потребителей в одном месте реализации услуг и товаров и является способом повышения конкурентоспособности предприятий данной сферы. Формирование инновационной деятельности в кластерах способствует более эффективному и разностороннему развитию туризма, ориентированного на устойчивое развитие.

В настоящее время можно выделить три крупных центра кластерного развития: Западноевропейский, Североамериканский и Азиатский. Следует также особо отметить активную роль стран Северной Европы, особенно таких как Швеция, Норвегия и Финляндия, которые осуществили ряд кластерных проектов.

Индикаторами качественного успеха и степени развития мировых стран являются показатели, выражающие способность кластера:

- совместно осуществлять научные исследования и бизнес проекты, проводить комплексное стратегическое управление кластером;
- производить инвестирование в создание и модернизацию новых технологий;
- разрабатывать и применять единую стратегию ценообразования;
- осуществлять совместное регулирование уровень цен, объединяясь в единой сети создания стоимости туристического продукта;
- создавать новые туристические продукты и услуги, представлять их на рынке;
- внедрять и использовать международные стандарты качества, «зеленые» стандарты;
- регулярно стимулировать существующую систему управления знаниями;
- развивать компетенции персонала и профессиональную подготовку работников, обеспечивая условия для обмена опытом между предприятиями.

Анализируя опыт развития зарубежных туристских кластеров, можно сделать вывод о других факторах успеха кластерных инициатив, связанных, например, с формированием системы государственной поддержки конкурентоспособности и государственного стимулирования инновационного развития всех сторон кластера.

В целом государственная регулирование туризма не должна ограничиваться только финансовой, правовой и организационной поддержкой. Главная задача, стоящая перед правительством страны, которое заинтересовано в продвижении своих туристских дестинаций, построении высококонкурентной отрасли и привлекательной инфраструктуры, состоит в разработке долгосрочных стратегий (программ) развития регионов, с учетом возможностей внедрения передовых технологий (инноваций), обеспечивающих более эффективное становление и развитие устойчивого туризма. Необходимо на наш взгляд разработать методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами, такими, как туризм.

Россия относительно недавно перешла на путь инновационного развития туризма. В настоящий момент на территории РФ разработана и одобрена Государственная программа Российской Федерации «Развитие культуры и туризма» на 2013 - 2020 годы, разработанная Министерством Культуры России. В программе определены процессы развитие культуры и туризма в России до 2020 года и сформирована система мероприятий и инструментов государственной политики, в рамках реализации ключевых государственных функций, обеспечивающих достижение преимуществ и целей государственной политики в сфере культуры и туризма. Приоритетными целями государственной программы являются реализация потенциала культуры России, в том числе духовно-нравственных основ развития общества, а также развитие инновационного туризма. Для того чтобы достичь указанные цели, необходимо, на наш взгляд, решить следующие задачи:

- поддержка историко-культурного наследия, свободный доступ населения к культурным ценностям, его активное участие в культурной жизни, становление высокого потенциала нации;
- повышение доступности и качества услуг в сфере международного и внутреннего туризма;
- создание благоприятных условий устойчивого развития туристской отрасли.

Результаты, которые ожидаются в результате реализации государственной программы, включают [1]:

- переход отраслей на инновационный путь развития, с использованием передовых информационных технологий;
- разработка и реализация перечня мероприятий развития культуры в небольших городах и на селе;
- развитие культурной среды, характерной для растущих потребностей и желаний личности и общества;
- рост уровня качества, эффективности и ассортимента услуг в сфере культуры и туризма;
- создание необходимых условий для модернизации материально-технической базы отрасли и совершенствования культурно-досугового обслуживания потребителей;
- обеспечение свободного доступа каждого человека к национальным и мировым культурным ценностям в результате формирования электронных публичных библиотек, театральных и музейных интернет-ресурсов;
- формирование и развитие международного имиджа России с акцентом на высокий уровень культуры и перспективой для международного туризма.

Кроме того, на территории России действуют региональные программы стратегического развития внутреннего туризма, реализация которых позволит усовершенствовать существующую инфраструктуру, создать новые туристические маршруты, а также увеличить туристский поток.

Мировой инновационный туризм направлен в первую очередь на формирование нового туристского продукта, на новые подходы к маркетинговым мероприятиям, а также к применению усовершенствованных методов управления, с использованием IT – технологий, в результате чего, ожидается стимулирование роста потребительского спроса. Проведенные Всемирной туристической организацией (ВТО) исследования показывают, что рост производительности мировой туристической отрасли будет продолжаться и в будущем. В период с 2000 по 2020 годы прогнозируется увеличение туристского потока на 200%. Наибольший темп роста должны показать Азиатский и Тихоокеанский регионы, а также страны Северной и Восточной Европы. В условиях роста туристских потоков возникает необходимость отслеживать их влияния на туристские дестинации, и проводить глубокий анализ тех изменений, которые произошли. Глобальные обсерватории по устойчивому туризму были созданы в целях укрепления институционального потенциала использования и мониторинга информации для поддержки деятельности в сфере принятия решений и разработки политики, основанной на методологии ЮНВТО по применению показателей устойчивого туризма. С 2004 года в общей сложности были созданы десять обсерваторий в Китае, а также в Греции и в Мексике [2]. Эти обсерватории, создаваемые общими усилиями с местными участниками туристского процесса, призваны содействовать обеспечению роста устойчивого и жизнеспособного туризма.

Современная мировая туриндустрия выступает одним из высокодоходных и динамично развивающихся секторов мировой экономики. Поэтому, по мнению авторов, необходимо постоянно анализировать современные мировые тенденции формирования инновационного туризма.

Литература

1. Государственная программа РФ «Развитие культуры и туризма» на 2013-2020 годы. http://russiatourism.ru/content/2/section/26/detail/27/
2. UNWTO Annual Report 2015 – 50p.- https://www.unsceb.org/.

МЕХАНИЗМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ПРОЕКТОВ, БАЗИРУЮЩИЕСЯ НА ОТНОШЕНИЯХ ДОМИНИРОВАНИЯ С *K*-ЫМ ПОРЯДКОМ СТРОГОГО ПРЕДПОЧТЕНИЯ

Корнеенко В.П.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vkorn@ipu.ru

Предложен новый принцип построения результирующего отношения предпочтения – результирующее отношение доминирования с k-м порядком строгого предпочтения объектов, который обобщает частные результирующие отношения доминирования по Парето и Слейтору. Разработаны и обоснованы механизмы многокритериального выбора, базирующиеся на отношениях доминирования с k-ым порядком строгого предпочтения.

Ключевые слова: многокритериальный выбор, *k*-й порядк строгого предпочтения, механизм выбора.

Введение

Выделение единственного объекта из множества эффективных (недоминируемых) объектов на основе информации, содержащейся в постановке многокритериальной задачи выбора невозможно. В связи с этим возникает проблема выбора ограниченного числа объектов из множества недоминируемых объектов, оценки которых представлены в различных шкалах измерения.

В развитие теории выбора вариантов [1, 2, 5] рассмотрим модели многокритериального выбора, базирующиеся на отношениях доминирования с k-ым порядком строгого предпочтения.

1 Результирующие отношения доминирования с k-м порядком строгого предпочтения

Большинство многокритериальных задач относятся к классу задач со структурой выбора с мультипредпочтением. К таким структурам, в частности, могут быть приведены математические конструкции различных игровых задач и задач векторной оптимизации.

Задача выбора наилучшего объекта относится к классу многокритериальных задач векторной оптимизации [3, 4]:

(1.1) $f(a_l) = (f_1(a_l), f_2(a_l), \dots, f_j(a_l), \dots, f_m(a_l)) \to \text{extr}, \forall\, a_l \in A,$

где $f = (f_1, \dots, f_m)$ – вектор-функция, принимающая значения в соответствующем пространстве $\mathbb{R}^m$.

$A = \{a_1, \dots, a_n\} -$ конечное множество объектов, n - количество объектов (проектов).

На данный момент применительно к решению многокритериальных задач определены два результирующих отношения предпочтения на множестве векторных оценок объектов, а именно: отношения доминирования по Парето и Слейтору [4].

Пусть в задаче векторной оптимизации (1.1) частные критерии f_j, $j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$, максимизируются (минимизируются) и $\vec{x}_l = (x_1^{(l)}, x_2^{(l)}, \dots, x_m^{(l)})$ – векторная оценка объекта $a_l \in A$. Покажем, что результирующие отношения доминирования по Парето и доминирования по Слейтору являются частными случаями результирующих отношений $\succ^k$ доминирования с k-м порядком строго предпочтения объектов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.1. Для объектов с прямым порядком предпочтения объект a_l доминирует с k-ым порядком строгого предпочтения объект a_q (обозначение $a_l \succ^k a_q$), если для оценок

$$x_j^{(l)} = f_j(a_l)$$

объектов по всем критериям f_j, $\forall\, j \in J$, выполняются нестрогие неравенства $x_j^{(l)} \geq x_j^{(q)}$, причём, по крайней мере для k критериев $f_{j_1}, \dots, f_{j_k}$ с номерами j_i, $i = \overline{1,k}$, выполняются строгие неравенства $x_{j_i}^{(l)} > x_{j_i}^{(q)}$, что записывается в виде:

(1.2) $$a_l \succ^k a_q \Leftrightarrow \forall\, j \in J: x_j^{(l)} \geq x_j^{(q)} \wedge \exists \left\{ j_i | i = 1,2, \dots, k \right\} \subseteq J: x_{j_i}^{(l)} > x_{j_i}^{(q)} \Big\}.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.2. Объект a^* задачи векторной оптимизации (1.1) называется эффективным (k-эффективным), если не существует объекта a, доминирующего с k-ым порядком строгого предпочтения объект a^*. При этом множество недоминируемых объектов

(1.3) $A_k^{nd} = \{a^* \in A \mid \nexists\, a : a \succ^k a^*\}, k = \overline{1,m},$

носит название множества k-эффективных (по Рамееву-Корнеенко) объектов (определения 1.1 и 1.2 введены автором в соавторстве с О.А. Рамеевым).

Легко видеть, что множество A_1^{nd} одно-эффективных объектов совпадает с множеством Парето A_p^{nd} (1.1.6), т. е. $A_p^{nd} = A_1^{nd}$, а множество A_m^{nd} m-эффективных объектов совпадает с множеством Слейтора A_s^{nd} (1.1.8), т. е. $A_s^{nd} = A_m^{nd}$.

Таким образом, доминирование по Парето $\succ^p$ это доминирование c k-ым порядком строгого предпочтения $\succ^1$ при $k = 1$, а доминирование по Слейтору $\succ^s$ это доминирование $\succ^m$ при $k = m$, т. е. являются частным случаем доминирования с k-ым порядком строгого предпочтения объектов.

Выделение единственного объекта из множества эффективных (недоминируемых) объектов на основе информации, содержащейся в постановке задачи (1.1) невозможно. В связи с этим возникает проблема выбора ограниченного числа объектов из множества недоминируемых объектов, оценки которых представлены в различных шкалах измерения. Данная проблема решается в рамках методологии многокритериального оценивания объектов [4].

2 Механизмы многокритериального выбора

Будем предполагать, что множество A объектов конечно и оценивается набором из m критериальных функций fj, j ∈ J. Необходимо построить многокритериальные механизмы выбора «лучших» объектов из исходного множества объектов, базирующихся на результирующих отношениях с k-ым порядком строгого предпочтения объектов (по Рамееву-Корнеенко), к которым можно отнести следующие.

2.1. Механизм выбора доминирующих объектов: $\mathcal{M}_* = \langle A,\ F,\ \sigma = \{\succ^k\}_{k=1}^m, \pi_* \rangle$, в котором выбор объектов выполняется по правилу π_* в виде:

(2.1) $\quad \pi_*: A \to A_k^* = C_k^*(A), k = \overline{1,m},$

где $C_k^*(A) = \{a_q^* \in A \mid \exists a_q^* \succ^k a_l, \forall a_l \in A\}$ – множество доминирующих объектов;

$\succ^k$ – результирующие отношения доминирования с k-ым порядком строгого предпочтения; $F = \{f_j: j = 1 \div m\}$ – набор критериев.

2.2. Механизм выбора недоминируемых k-эффективных объектов:

$$\mathcal{M}_{nd} = \langle A,\ F,\ \sigma = \{\succ^k\}_{k=1}^m, \pi_{nd} \rangle,$$

в котором выбор объектов выполняется по правилу π_{nd} в виде:

(2.2) $\quad \pi_{nd}: A \to A_k^{nd} = C_k^{nd}(A),\ k = \overline{1,m},$

где $C_k^{nd}(A) = \{a_q \in A \mid \nexists\, a_l \succ^k a_q, \forall a_l \in A\}$ – множество недоминируемых k-эффективных объектов по набору критериев $F = \{f_j: j = 1 \div m\}$.

2.3. Механизм сужения множества недоминируемых (k-эффективных) объектов по убывающему подсемейству критериев:

$$\mathcal{M}_t = \langle A,\ \mathcal{F} = \{F_t\}_{t=m}^1,\ F_{t-1} \subset F_t,\ \sigma = \{\succ^k\}_{k=1}^m, \pi_t^{(k)}, t = m, m-1, \dots, k \rangle,$$

в котором сужение k-эффективных объектов при последовательном уменьшении числа критериев выполняется по правилу $\pi_t^{(k)}$:

(2.3) $\quad \pi_t^{(k)}: A_{k(t)}^{nd} \to A_{k(t-1)}^{nd} = C\left(A_{k(t)}^{nd}\right),\ t = m, m-1, \dots, k,$

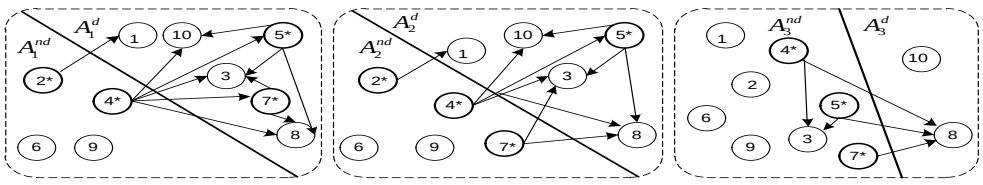
где $F_{t-1} = F_t \backslash \{f_{j_i}\}$, $f_{j_i} \in F_t$; $\mathcal{F} = \{F_t \mid \text{t = m, m – 1,…, k}\}$ – семейство $F_t = \{f_{j_1}, \dots, f_{j_i}, \dots, f_{j_t}\}$, $i \in \overline{1,t}$, критериальных функций;

$A_{k(t)}^{nd}$ – множество k-эффективных (недоминируемых) объектов по подсемейству F_t несоизмеримых критериальных функции.

Примеры выбора объектов, в качестве которых можно рассматривать проекты с исходными данными (см. табл. 1)., различными механизмами выбора по трём критериям в 10-ти балльной шкале представлены на рис. 1.

Таблица 1. Исходные данные

Критерии	Объекты									
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
f_1	2	4	6	7	7	10	6	5	6	7
f_2	8	8	7	8	8	3	8	7	6	5
f_3	7	10	1	6	5	9	6	3	8	1



а) выбор объектов при $k = 1$; б) выбор объектов при $k = 2$; в) выбор объектов при $k = 3$

Рис. 1. Результаты выбора объектов различными механизмами выбора

Рассмотрим следующую теорему, имеющую важное значение для сужения множества k-эффективных объектов при решении многокритериальных задач выбора.

Теорема 1 (Корнеенко). Пусть на множестве объектов A справедливы результирующие отношения доминирования с k-ым порядком строгого предпочтения $\succ^k$ (1.2).

Тогда для функции выбора C_k^{nd} (2.2) справедливо включение

(2.4) $A_1^{nd} \subseteq A_2^{nd} \subseteq \cdots \subseteq A_k^{nd} \subseteq A_{k+1}^{nd} \subseteq \cdots \subseteq A_m^{nd}$, k = 1, 2,…, m.

где A_k^{nd} – множество недоминируемых k-эффективных объектов по набору критериев $F = \{f_j: j = 1 \div m\}$.

Доказательство. Для справедливости включения (2.4) достаточно убедиться в справедливости $A_k^{nd} \subseteq A_{k+1}^{nd}$ включения для смежных множеств недоминируемых объектов A_k^{nd}, A_{k+1}^{nd}, $k = \overline{1,m}$. (подробно доказательство см. в [4]).

Заключение

Предложенные механизмы многокритериального выбора, базирующиеся на отношениях доминирования с k-ым порядком строгого предпочтения, позволяют сделать окончательный выбор из суженного исходного множества эффективных объектов (проектов), оценки которых предварительно должны сведены к единой порядковой шкале.

Литература

1. *Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т.* Выбор вариантов: основы теории. – М.: Наука, 1990. – 240 с.
2. *Рамеев О.А*. Методы выбора решений в организационных системах. – М.: ИКСИ, 1991. – 103 с.
3. *Корнеенко В.П*. Задача выбора стратегии модернизации предприятия на динамической модели оптимального управления процессом развития в условиях ограниченных ресурсов // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы двенадцатого всероссийского симпозиума. Секция 1. Теоретические проблемы стратегического планирования на микроэкономическом уровне. Москва, 12-13 апреля 2011 г. Под ред. Чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2011. – С.80 – 82.
4. *Корнеенко В.П.* Методы многокритериального оценивания объектов с многоуровневой структурой показателей эффективности: монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 292 с.
5. *Fishburn P.C.* Nonlinear preference and utility theory. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1988.

ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ СПОРТИВНЫМ КЛУБОМ

Корнилова С.А.

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Россия, г. Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 46, Экономический факультет
skor98@mail.ru,

Сизых Н.В.

Институт Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
sizykh_n@mail.ru

Аннотация: В работе предложен алгоритм и функциональная модель выявления ключевых показателей эффективности работы спортивных клубов как объектов экономической деятельности. Полученные показатели являются репрезентативными и рекомендованы менеджерам для управления финансовой деятельностью клубов. Разработаны соответствующие рекомендации по автоматизации, которые помогут менеджерам футбольных клубов в принятии решений и минимизируют издержки управленческих ошибок.

Ключевые слова: показатели эффективности, управление спортивным клубом, методы многомерного анализа, автоматизация оценки и мониторинга показателей эффективности.

Введение

Вместе с развитием индустрии спорта и ее коммерциализацией все большую актуальность приобретает повышение эффективности деятельности ее субъектов. Индустрия футбола считается самой большой в экономике спорта, поэтому в качестве объекта исследований для оценки экономической эффективности в данном исследовании будем анализировать ведущие футбольные клубы.

В условиях высокой конкуренции в футбольной индустрии менеджерам профессиональных клубов приходится нести большие издержки в результате неправильных решений. Одним из путей

решения данной проблемы является разработка комплекса показателей эффективности финансовой деятельности характерных именно для футбольных компаний и дальнейшая автоматизация процесса работы с этими показателями. Недостаточность исследований в этой области обусловлена ее спецификой, частичным отсутствием необходимых данных, слабым акцентом руководителей клубов на особенности финансового управления. До настоящего времени основное внимание клубов было нацелено на получение инвестиций для работы клуба, но с получением достаточного финансового обеспечения встает вопрос об их эффективном управлении [1-2,4-10]. Поэтому проблема эффективности финансового управления клубом является актуальной, а результат работы несет практическую ценность. Выполнение данного исследования опиралось на следующие положения:

- футбольные клубы, как спортивные компании, имеют свои отраслевые показатели эффективности финансовой деятельности, которые являются оптимальными и характерными именно для них;
- необходима автоматизация процесса оценки и мониторинга эффективности финансовой деятельности футбольного клуба, которая будет способствовать своевременному принятию решений для улучшения процесса управления.

1 Алгоритм выявления ключевых показателей эффективности

Эффективность финансовой деятельности находит свое количественное выражение во взаимосвязанной системе показателей, которые определяют, насколько продуктивно компания управляет своими активами и пассивами, чтобы максимизировать прибыль [3,11,12]. Показатели эффективности прежде всего важны для менеджмента компании, чтобы принимать правильные управленческие решения. в работе рассматриваются подходы к эффективности как экономичности деятельности и стейкхолдерский подход. Показатели эффективности соответственно можно разделить на 2 основные группы: традиционные и современные (интегральные, комплексные). К традиционным показателям эффективности относятся: рентабельность; оборачиваемость; финансовый рычаг; операционный рычаг; свободный денежный поток (Free Cash Flow, FCF). Серьезным недостатком традиционных методов является то, что они не учитывают стоимость капитала в бизнесе и интересы акционеров. В группу комплексных показателей входят: EVA (добавленная экономическая стоимость); MVA (добавленная рыночная стоимость); SVA (добавленная акционерная стоимость); CVA (добавленная денежная стоимость); внутренняя стоимость компании (Intrinsic Value); оценочные мультипликаторы [3,11,12].

Алгоритм выявления значимых показателей эффективности, используемый в работе, состоит из нескольких последовательных этапов. Первый этап состоит из отдельного анализа групп традиционных и современных показателей. Для каждой из двух групп проводится факторный анализ при пороге собственных значений 0,8 с варимакс вращением по всем трем годам. Далее для показателей каждой из двух групп применяется иерархический кластерный анализ на переменных методом ближайшего соседа со стандартизацией с помощью z-преобразования оценок. Результаты факторного и кластерного анализов по всем трем годам соотносятся следующим образом:

- с помощью повернутой матрицы компонентов выделяются показатели, имеющие нагрузки не ниже 0,8 хотя бы в одном из факторов по всем трем годам или являющиеся значимыми хотя бы в одном из полученных факторов;
- полученные результаты факторного анализа соотносятся с дендрограммой кластерного анализа на переменных и с достигнутыми уровнями значимостями переменных по ANOVA в кластерном анализе на наблюдениях;
- незначимые показатели в целом по результатам для всех трех лет исключаются на данном этапе;
- для более точных результатов дополнительно применяются два подхода: анализ весов и анализ структуры показателей;
- в спорных и неочевидных случаях показатель не исключается и анализируется на следующих этапах.

После первого этапа получается сокращенный перечень показателей эффективности. После этого такой анализ повторяется снова до тех пор, пока в каждой из групп традиционных и современных коэффициентов не останется так мало показателей, что их можно будет объединить. Объединение групп символизирует начало нового этапа анализа, аналогичного предыдущим и включающего в себя соотнесение выводов факторного и кластерного анализов. В результате будет получен окончательный список значимых показателей эффективности финансовой деятельности, характеризующих специфику футбольной индустрии.

2 Практические результаты исследования

В проведенном исследовании осуществлена оценка эффективности финансовой деятельности известных футбольных клубов (21 клуб) по 51 показателю по открытым данным базы Bloomberg. Данная оценка показала, что футбольные клубы имеют достаточно низкий уровень финансового менеджмента. При этом для них характерно преобладание заемного капитала и нематериальных активов. В ходе многомерного анализа данных выявлены следующие показатели эффективности, которые наилучших образом характеризуют специфику финансовой деятельности футбольных клубов:

- рыночная стоимость собственного капитала в %;
- WACC фактический;
- CVA (добавленная денежная стоимость);
- Enterprise Value (EV).

Полученные показатели подтверждают гипотезу о наличии отраслевых показателей эффективности и рекомендованы финансовым менеджерам для оценки эффективности финансовой деятельности футбольных клубов. Полученные показатели рекомендованы футбольным финансовым менеджерам для оценки эффективности финансовой деятельности клубов.

Общая картина по четырем показателям достаточно репрезентативна, заметны тренды и отклонения показателей, связанные со спортивными результатами клубов и событиями вокруг них. Например, большие отрицательные значения рыночной стоимости собственного капитала в 2015 году для турецкого клуба Galatasaray и португальского Benfica объясняются в том числе подозрениями в договорных матчах и коррупционными скандалами в тот период соответственно. В 2015 году у Ювентуса наблюдается рекордно высокая добавленная денежная стоимость, что связано в том числе с успехом команды в Лиге Чемпионов, где Ювентус вышел в финал.

Для составления рейтинга самых эффективных клубов за 2017 год необходимо провести сравнение рыночной стоимости собственного капитала с фактической, а также сравнить фактическую средневзвешенную стоимость капитала (WACC) с рентабельностью активов (ROA). Ранжирование проводилось по каждому из показателей отдельно на основании следующих принципов:

- клуб с наибольшей разностью между фактической и рыночной стоимостью собственного капитала имеет ранг 1, а с наименьшей – ранг 21;
- клуб с наибольшей разностью между ROA и фактическим WACC имеет ранг 1, а с наименьшей – ранг 21;
- клуб с наибольшим значением CVA имеет ранг 1, а с наименьшим – ранг 21;
- клуб с наибольшей стоимостью компании (EV) имеет ранг 1, а с наименьшей – ранг 21;

Затем высчитывался средний ранг как среднее арифметическое четырех получившихся рангов, а по нему определялся итоговый ранг каждого клуба в рейтинге по эффективности деятельности.

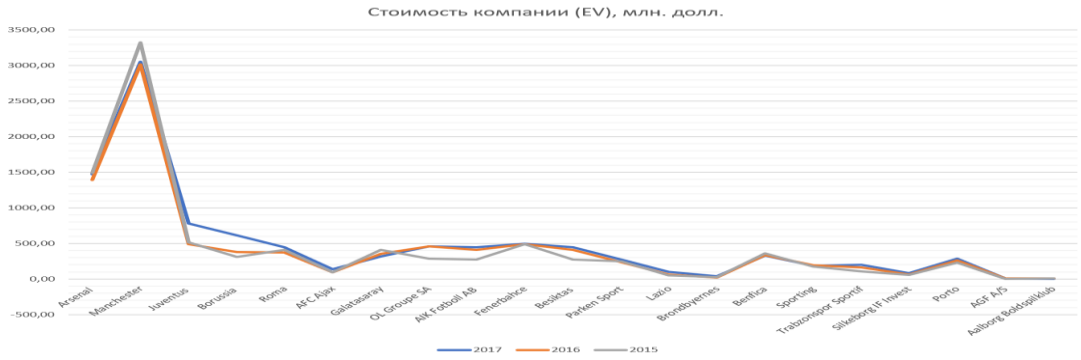


Рисунок 1. Динамика стоимости (EV) клубов за 2015-2017 года

Поскольку рассмотренный в данной работе алгоритм выявления ключевых показателей эффективности финансовой деятельности компании универсален, то предложенная автоматизация позволит быстро и качественно выявлять ключевые показатели эффективности для бизнес структур любой другой отрасли и индустрии.

Литература

1. *Barros C. P.*, Garcia-del-Barrio P. Efficiency measurement of the English football Premier League with a random frontier model //Economic modelling. – 2008. – Т. 25. – №. 5. – С. 994-1002.
2.Boscá J. E. et al. Increasing offensive or defensive efficiency? An analysis of Italian and Spanish football //Omega. – 2009. – Т. 37. – №. 1. – С. 63-78.
3. *Brigham E. F., Houston J. F.* Fundamentals of financial management. – Cengage Learning, 2012.
4. *Douvis J., Barros C. P.* Comparative Analysis of Football Efficiency among Two Small European Countries: Portugal and Greece //International Journal of Sport Management and Marketing.–2009.– Т. 6.– №. 2.– С. 183-199.
5. *Ecer F., Boyukaslan A.* Measuring performances of football clubs using financial ratios: the gray relational analysis approach //American Journal of Economics. – 2014. – Т. 4. – №. 1. – С. 62-71.
6.Guzmán I., Morrow S. Measuring efficiency and productivity in professional football teams: evidence from the English Premier League //Central European Journal of Operations Research. – 2007. – Т. 15. – №. 4. – С. 309-328.
7. *Jardin M. et al.* Efficiency of French football clubs and its dynamics. – University Library of Munich, Germany, 2009. – №. 19828.
8. *Kulikova L. I., Goshunova A. V.* Measuring efficiency of professional football club in contemporary researches //World Applied Sciences Journal. – 2013. – Т. 25. – №. 2. – С. 247-257.
9. World Football Report 2018 // nielsensports.com URL: https://nielsensports.com/wp-content/uploads/2014/12/Nielsen_World-Football-2018-6.11.18.pdf (дата обращения: 29.04.2019).
10. *Солнцев И. В.* Финансы в футболе: учебник. – М.: Проспект, 2017. – 240 с.
11. Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализа свертки данных) //Российский журнал менеджмента. – 2012. – Т. 10. – №. 2.
12. *Шульга Е. В., Шульга В. И.* Сравнительный анализ различных подходов к измерению и оценке эффективности менеджмента //Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2016. – №. 10-1. – С. 213-220.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С УСЛОВИЕМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ

Куракин П. В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
pvkurakin@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается необходимость варьирования структуры математической модели сложного взаимодействия факторов в экономике и возможности разработки соответствующего программного обеспечения.

Ключевые слова: математическое моделирование, автоматизация моделирования, варьирование структуры математической модели.

Введение

Часто потребителя математической модели (им может быть как сам исследователь, так и его заказчик) интересует не только и не столько одиночное решение, сколько семейство решений в некоторой области значения переменных. Так, если речь идет о наиболее популярном классе эволюционных моделей – дифференциальных уравнениях, то такое семейство решений представляет собой «пучок» или «трубку» траекторий. Такая трубка траекторий возникает, когда мы рассматриваем некоторое компактное множество начальных или граничных условий дифференциального уравнения. Можно сказать, что для получения трубки решений мы варьируем начальные условия, но сама модель остается при этом неизменной.

Тем не менее, для некоторого класса моделей такой подход может оказаться недостаточным, и потребителю модели необходимо варьировать саму модель. Такими моделями оказались Модели сложного взаимодействия факторов в экономике, в особенности, так называемые рефлексивные модели [1 - 3]. В моделях такого типа грань между модификацией начальных данных и модификацией самой модели становится заметно более размытой. В рефлексивных моделях многофакторного взаимодействия рассматривается система из некоторого количества *факторов* социально – экономической природы (как правило, применительно к некоторой территории), которые характеризуются некоторым взаимно – перекрестным влиянием друг на друга. Это влияние количественно описывается экспертными оценками влияния одних факторов на другие.

Анализ показал, что для полноты понимания роли тех или иных факторов недостаточно варьировать величину связей между ними – необходимо допустить переменную структуру самих

моделей. В данном случае это означает наряду с варьированием численных величин воздействия факторов друг на друга необходимо полностью «выключать» одни факторы и добавлять другие.

1 Общая постановка задачи

В работах [1-3] развит математический аппарат описания многофакторного взаимодействия с точки зрения подхода, основанного на экспертных оценках. Пусть состояние системы описывается действительным вектором показателей **X**. Начальные приращения показателей Δx_i приводят к первичной реакции $\Delta y = A\Delta x$ (1), где коэффициенты a_{ij} матрицы **A** заданы экспертами, они означают оценку сверху прироста фактора ***i,*** вызываемого приращением фактора ***j*.**

Рефлексивный подход ставит задачу дальше: матрица **A** рассматривается как выразитель лишь первичных возмущений факторов. В реальной жизни мы имеем дело с ситуацией, когда несколько факторов одновременно действуют на другой фактор, а также имеет место развитие процесса во времени и последовательное воздействие факторов друг на друга. В совокупности это означает, что эффективно имеет место некое «полное» воздействие факторов друг на друга, а также, при наличии замкнутых цепочек взаимодействия, воздействие факторов на самих себя. Полное (или «системное») воздействие факторов друг на друга описывается *матрицей транзитивных замыканий* **B**, которая описывается условием $\Delta\mathbf{s} = \mathbf{B}\Delta\mathbf{x}$, где $\Delta\mathbf{s} = \mathbf{A}(\Delta\mathbf{s} + \Delta\mathbf{x})$ для любого $\Delta\mathbf{x}$, то есть $\Delta\mathbf{s}$ обладает устойчивостью по отношению к первичному приращению $\Delta\mathbf{x}$ - это «системная реакция».

Далее, линейная модель заменяется на нелинейную, которая использует правила дискретного типа, которые можно отнести к правилам многозначной логики. Взаимодействия факторов предлагается оценивать положительными и отрицательными числами, в балльной системе на некотором интервале $[a_{\min}, a_{\max}]$. Будем считать, что в этом же диапазоне находятся допустимые значения самих показателей (факторов). Результат независимого примитивного воздействия фактора ***i*** на фактор ***j*** описывается формулой специфического логического умножения:

$$y_{ij} = a_{ij} \otimes x_j = \min(|a_{ij}|,\ |x_j|)\ \mathrm{sign}(a_{ij}\, x_j).$$

Однако в реальности мы всегда имеем ситуацию, когда несколько факторов влияют на данный. В этом случае необходимо различать ситуации взаимно дополнительного и взаимно компенсирующего действия факторов.

При взаимно дополнительном воздействии группы факторов ***g*** на фактор ***i*** для результата требуется воздействие всех факторов группы. Тогда результат определяется как минимальный из возможных от одиночного воздействия:

$$y_{ig} = \min_j\{|y_{ij}|\}\ \mathrm{sign}\Big(\prod_j y_{ij}\Big),\ j \in g\ .$$

При взаимно компенсирующем воздействии факторов ***j*** и ***k*** на ***i***, когда для результата достаточно любого из действующих факторов, представляется формулой логической суммы

$$y_{ij} \oplus y_{ik} = \max(|\ y_{ij}\ |, |\ y_{ik}\ |)\,\mathrm{sign}(\ y_{ij} + y_{ik} \pm \varepsilon),$$

где $0 < \varepsilon < 1$ – добавка, позволяющая оценить разброс результатов в результате вычислительной неоднозначности операции sign.

В случае нелинейной (дискретной) арифметики так же, как и в линейном случае, ставится задача нахождения полных (системных) связей между факторами, т.е. вычисления матрицы транзитивных замыканий **B**. Алгоритмические процедуры для этого разработаны в [1 - 3].

Однако, с нахождением матрицы транзитивных замыканий работа с моделями описываемого типа не заканчивается. Далее требуется проведение процедур *верификации* модели, которые включают:

- анализ чувствительности оценки конкретной системной связи к задаваемым вариациям оценок примитивных связей;
- поиск системной связей, зависящих от конкретной примитивной связи для заданного числа рефлексий;
- поиск примитивных связей, влияющих на данную системную связь за заданное число рефлексий.

Технически, перечисленные методы верификации требуют вариации заданных оценок взаимного первичного влияния факторов. Однако, в каждом случае эти вариации желательно проводить не бессистемно. Исследователь, скорей всего, будет придерживаться некоторой стратегии, и при этом ему необходимо как-то фиксировать результаты своих вычислительных экспериментов, чтобы

впоследствии иметь возможность удобно работать со всей совокупностью получаемых результатов, в частности - получить некоторый инструмент навигации между экземплярами этих результатов.

Автор предпочитает ставить задачу шире. Представляется крайне полезным проведение экспериментов, связанных не только с вариацией исходных первичных оценок влияния, но и с изменением самой *структуры модели* – о чем было заявлено выше. Изменение структуры в нашем случае означает добавление или удаление той или иной (одной, реже – нескольких) примитивной связи. Дело в том, что смысл и роль вариации того или иного показателя становится максимально ясным и исчерпывающим как раз при «шевелении» модели, то есть – при добавлении и\или удалении связей. Иными словами, роль каждого фактора проявляется лишь в силу наличия других факторов, существуют не отдельные факторы, а «экосистемы» из факторов.

2 «Графический редактор»: возможности, наработки и перспективы

Автор считает, что на данный момент уже имеются наработки, представляющие собой программную платформу для практической реализации указанных задач. Речь идет о так называемом «специализированном графическом редакторе». Этот редактор изначально был частью более сложного программно-технического комплекса, разработанного с целью автоматизировать оценочные расчеты при планировании пилотируемых космических миссий. Архитектура, организация и функционирование комплекса описаны в [4 – 6].

Основная идея указанного комплекса – реализовать его в виде достаточно стандартной и давно известной архитектуры «клиент - сервер». Основное отличие, или просто особенность – состоит в том, что в качестве так называемого *back – end* (серверное приложение, выполняющее вычисления, обеспечивающие основные функции всего комплекса) выступает не СУБД (система управления базами данных), как в обычных коммерческих приложениях, а профессиональный пакет математических вычислений. В нашем случае это были MATLAB или Octave [7, 8].

Пользовательский интерфейс представляет собой специализированный *графический редактор*, реализованный в среде веб – браузера и написанный на языке программирования JavaScript.

На данный момент имеются все технические возможности реализовать в браузере программное обеспечение, функционально позволяющее работать с рефлексивными моделями многофакторного взаимодействия в экономике, в частности: вести и сохранять некоторый протокол вычислительных экспериментов при варьировании структуры модели. Разумеется, этот протокол сам по себе еще подлежит разработке и отладке в сериях таких вычислительных экспериментов.

Отличие новой системы от ранее разработанной должно состоять в том, что не потребуется многоуровневой архитектуры – математические вычисления в описываемом классе моделей представляется возможным проводить непосредственно в программной среде веб – браузера средствами языка программирования JavaScript а также специализированных математических расширений этого языка, имеющихся в открытом доступе [9].

Литература

1.Гусев В.Б., Исаева Н.А. Рефлексивные процедуры анализа экспертных данных // Информационные технологии и вычислительные системы. 2016. № 2. С. 31-35.

2. Гусев В.Б., Павельев В.В. Использование непрерывных шкал при оценивании и принятии решений в сложных проблемных ситуациях: научное издание / В.Б. Гусев, В.В. Павельев. – М.: ИПУ РАН, 2013.–118с.

3. Гусев В.Б., Исаева Н.А. Анализ моделей управления на основе экспертных данных. Москва: ИПУ РАН, 2017. – 116 с.

4. Зухба Р.Д., Куракин П.В., Малинецкий Г. Г., Махов С. А., Митин Н. А., Торопыгина С.А.Система моделирования «КОСКОН» как инструмент поддержки принятия решений в космической отрасли. Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. — 2015. — № 113. — 36 с. — URL: http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-113.

5. Куракин П. В.. «Новая программная архитектура для специализированных систем математических расчетов». Информационные технологии и вычислительные системы, 2016 г, № 2 стр. 66 – 74.

6. Куракин П. В. «Специализированные системы математических расчетов нового поколения». Программные системы и вычислительные методы – 2016 г, №1(14), стр. 80 – 94.DOI: 10.7256/2305-6061.2016.1.17997.

7. Octave (статья в Wikipedia), URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/GNU_Octave.

8. Octave (официальная страница проекта) , URL: https://www.gnu.org/software/octave/.

9. *John Mueller,* Four Serious Math Libraries for JavaScript (https://blog.smartbear.com/testing/four-serious-math-libraries-for-javascript/).

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЭКОНОМИКЕ РОССИИ[40]

Лившиц В.Н., Тищенко Т.И., Фролова М.П., Лившиц С.В.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Россия, г. Москва, проспект 60-летия Октября, д.9,
livchits@isa.ru

Аннотация. В статье рассмотрены важнейшие особенности системной оценки эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов, связанные как с их крупномасштабностью, так и с их реализуемостью в специфических российских условиях на современном этапе незавершенности проведения трансформационных преобразований по переходу от стационарной централизованно-плановой системы хозяйствования к рыночной, нестационарной.

Ключевые слова: общественная, коммерческая и бюджетная эффективность инвестиционных проектов, дисконтирование и компаундирование, наращенный доход, упущенная выгода, альтернативная стоимость капитала.

Системная оценка эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов предполагает:

а) учет структуры проекта – полного состава и иерархии его мероприятий и их участников: Общества, Государства, частных российских и иностранных частных инвесторов и т.д., менталитета и интересов каждого из них;

б) наличие для каждого участника адекватного ему вида показателей эффективности: для Общества – общественной эффективности, для Государства – бюджетной эффективности, для Регионов – региональной эффективности, для частных инвесторов – коммерческой эффективности. При этом для оценки общественной и региональной эффективности, в том числе и для локальных проектов, для отражения провалов рынка расчеты ведутся по специальным - общественным – ценам, исключаются трансфертные платежи и т.д. (см. [1-3]), а оценка остальных видов эффективности – бюджетной и коммерческой - осуществляется в соответствии рыночными условиями (применяются рыночные цены, учитываются налоги и т.д.);

в) наличие заданного или рассчитываемого множества подлежащих системному анализу сценариев проекта с полным набором общепроектных макроэкономических параметров (уровень и динамика инфляции, характер и величины рисков и неопределенности и др.), т.е. считаются известными необходимые информационные и алгоритмические возможности расчета по каждому виду эффективности для каждого участника на каждом временном периоде (шаге жизненного цикла проекта) соответствующих величин финансового потока и его компонентов (притоков и оттоков денег в проект и из проекта), а по ним - показателей эффекта и соответствующей эффективности согласно нормативному документу – Методическим рекомендациям [1], по приведенной в нем двухэтапной схеме оценки эффективности инвестпроектов: первый этап – оценка эффективности для проекта в целом, второй этап – для каждого отдельного участника и системный синтез оценок. При этом на каждом этапе предполагается расчет связанных с проектом как всех существенных прямых (внутренних) и косвенных (внешних), но и синергических эффектов (эффектов взаимодействия компонентов проекта друг с другом и с компонентами внешней среды);

г) при такой системной оценке все расчеты эффективности путем сопоставления результатов и затрат при их суммировании за период (например, за жизненный цикл проекта) естественно производятся путем выражения всех их компонент в сопоставимой стоимостной форме с корректным учетом при их суммировании или сопоставлении путем дисконтирования и компаундирования разновременных величин отдельных компонент для учета фактора времени, т.е. для учета реальной экономической неравноценности несинхронных равновеликих по номиналу стоимостных значений отдельных результатов или затрат. При выражении компонент в разной валюте или разных натуральных величинах, все они выражаются в единой базовой валюте путем умножения на централизованно установленные коэффициенты сопоставимого перевода (например, при разных валютах при использовании установленного на рассматриваемый период времени Банком России значения валютного курса). Таким образом, в итоге все притоки и оттоки, соответствующие ценностным эквивалентам экономических, социальных, экологических и т.д. затрат и результатов будут выражены в сопоставимой базовой валюте. Нетрудно доказать [2], что итоговая оценка эффективности проекта и участия в нем для каждого участника при корректности методики и проведения расчетов не зависит от конкретности выбора базовой валюты.

[40] *Частично работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-06-00041).*

В докладе будут использоваться следующие основные определения:

- под нестационарностью экономики понимается хозяйственная система, которой присущи достаточно резкие и плохо предсказуемые изменения многих макроэкономических показателей, динамика которых не отвечает нормальному рыночному циклу, а скорее присуща кризисным или посткризисным экономическим процессам. Необходимыми признаками нестационарности процесса, в том числе и экономического, являются наличие устойчивой, нередко неблагоприятной тенденции к заметному трудно поддающемуся позитивному изменению существующего положения дел, наличие неопределенного будущего и критических значений параметров;
- крупномасштабные проекты – это проекты, реализация которых существенно влияет на экономическую, социальную или экологическую ситуацию в отдельных регионах или отраслях страны.

Влияние на выбор метода оценки оказывает иерархичность мероприятий (таблица 1).

Таблица 1. Классификация инвестиционных проектов [4]

Категория проекта	**Методы оценки**
Глобальный	Политической воли, всеобщего блага и здорового прагматизма
Народнохозяйственный	DCF + общественная эффективность + макроэкономический анализ + «Политической воли»
Крупномасштабный	DCF + региональная/отраслевая эффективность
Локальный	DCF: NPV, IRR, PI, …

К числу важнейших особенностей присущих оценке эффективности крупномасштабных проектов в рассматриваемых условиях в докладе отнесены [5, 6, 7]:

- изменение во времени, т.е. по шагам всех параметров и характеристик проекта (продолжительности шагов, значений ставок дисконта, величин финансовых притоков и оттоков по шагам и др.);
- необходимость коррекции финансового потока (и его элементов - притоков и оттоков - по шагам) с целью учета в стоимостной форме экстерналиев социального, экологического и т.д. плана для компенсации соответствующих провалов рынка. При расчетах общественной эффективности необходима конверсия ожидаемых рыночных цен на ресурсы и продукты в общественные (эконмические цены);
- относительно высокая доля привлеченных средств в составе капитала проекта и относительно высокая их цена (в основном, из-за относительно малого количества денег в экономике), что не позволяет пользоваться обычными за рубежом приближенными методами финансового анализа (например, ограничиться расчетом эффективности инвестиционного проекта в целом при средневзвешенной стоимости капитала);
- многовалютность финансовой системы, относительно высокая и неоднородная инфляция, причем не только национальной валюты, что приводит к необходимости специальных методов учета ее влияния;
- отсутствие безарбитражного эффективного фондового рынка, сложная структура и достаточно высокий уровень различных видов рисков (в том числе не только странового, но и регионального, не только систематического, но и подлежащего учету несистематического, который при таком фондовом рынке невозможно нулифицировать или хотя бы многократно уменьшить путем диверсификации активов и др.);
- ограниченные возможности использования закономерностей реального финансового рынка в установлении ставок дисконта, нецелесообразность отражения риска в ставках дисконта и, как следствие, необходимость использования при непосредственной оценке эффективности критериальных показателей, корректность применения которых обоснована;
- относительно высокие и переменные банковские процентные ставки;
- отсутствие развитого рынка имущества, из-за чего различные виды его стоимости (справедливой, рыночной и т.д.) в несколько раз могут отличаться;
- ограниченность бюджетных средств, с одной стороны, и нередко возникающая необходимость их привлечения для реализации инвестиционного проекта - с другой.

Указанные особенности влияют на все: перечень и смысл решаемых при проектном анализе задач; выбор функции дисконтирования или компаундирования; содержание условия эффективности и неэффективности проекта; значения параметров моделей проекта и т.д.

Необходимо подчеркнуть, что приведенные особенности, связанные с крупномасштабностью проекта и нестационарностью российской экономики на современном этапе и в обозримой

перспективе весьма существенны и поэтому осуществлять оценку эффективности крупномасштабных проектов в российской нестационарной экономике по западным методикам (т.е. по NPV и его аналогам) недопустимо, так как они разработаны для стационарных макроэкономических условий и локальных проектов. Как это показано в [4], при итоговом расчете эффективности проекта необходима замена локальных критериев эффективности (NPV, IRR и т.д.) на сравнение ожидаемых интегральных эффектов за период жизненного цикла проекта на основе «сравнения корректно подсчитанных интегральных эффектов с проектом и без проекта». Этот же принцип может быть успешно использован при расчете интегральных эффектов как реальных компаундированных сумм экономических прибылей за жизненный цикл проекта, который считается эффективным, если итоговая сумма «по проекту не меньше, чем без проекта».

Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденные 21 июня 1999 года Минэкономики, Минфином и Госстроем России. - М.: Экономика. 2000. - 435с.
2. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. 5-е изд. - М.: Поли Принт Сервис, 2015. - 1300с.
3. *Лившиц В.Н.* Крупномасштабные транспортные проекты России. // В сборнике «Управление развитием крупномасштабных систем» / Под ред. А.Д.Цвиркуна. - М.: Физматгиз, 2012. - С.69-80.
4. *Дмитриев К.Н.* Учет фактора времени при оценке эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов // Труды ИСА РАН. Том 63. 1/2013. - С. 47-55.
5. *Лившиц В.Н.* Системный анализ рыночного реформирования нестационарной экономики России: 1992-2013. - М.: ЛЕНАНД (URSS) 2013. – 640с.
6. *Лившиц В.Н., Лившиц С.В.* Учет нестационарностей при оценках инвестиций в России // Аудит и финансовый анализ. – М.: Изд. дом «Компьютерный анализ», 1999. № 1. - С.61-90.
7. *Лившиц В.Н., Лившиц С.В.* Макроэкономические теории, реальные инвестиции и государственная российская экономическая политика. - М.: URSS, 2008. - 245 с.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ НА ДОХОДНОСТЬ КОНТРАКТОВ В ОБЛАСТИ НАУКОЕМКИХ ПРОЕКТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Масленикова И.Л., Бром А.Е., Белоносов К.Ю.

Московский Государственный Технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва,ул. 2-я Бауманская, 5

i.l.maslennikova@yandex.ru, abrom@yandex.ru, kir-belonosov@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается проблема оценки влияния рисков на доходность технически сложных проектов и целесообразность разработки методики по ее решению. Представлена методика построения дерева рисков контракта жизненного цикла и применена процедуры свертки.

Ключевые слова: контракт жизненного цикла, дерево рисков, стоимость жизненного цикла.

В экономически нестабильное время все заинтересованные стороны, задействованные в вопросах повышения различных экономических показателей деятельности промышленного производства России, озадачены проблемой перехода от традиционных подходов к государственным закупкам к новым, современным инструментам, отвечающим современным реалиям. Последние года все чаще предлагается концепция взаимодействия в рамках контракта жизненного цикла (КЖЦ), позволяющего и заказчику в роли государства и исполнителю в роли предприятия чувствовать себя более стабильно и защищенно. КЖЦ является долгосрочным контрактом, по которому головной исполнитель обязуется провести комплекс работ, связанных с проектированием, научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, поддержкой эксплуатации объекта, а также его техническим обслуживанием, капитальным ремонтом и утилизацией по завершению жизненного цикла.

При реализации КЖЦ на практике изначально решается вопрос о полной стоимости жизненного цикла (СЖЦ) технической продукции. Полная стоимость ЖЦ (СЖЦ) к настоящему моменту является важнейшим показателем, определяющим эффективность управления процессами ЖЦ и в целом конкурентоспособность модели техники. Все процессы организации процессов разработки, производства и эксплуатации сложной техники должны быть направлены на минимизацию полной стоимости ЖЦ. Необходимо отметить, что главной идеей применения показателей СЖЦ к технической продукции является получение методики расчета стоимости ЖЦ, с помощью которой

можно сравнивать варианты конструкции и соответствующие варианты организации технической эксплуатации продукции [1]. Более того, эта методика давно и успешно применяется за рубежом, что говорит о ее потенциале как инструмента повышения эффективности деятельности всех участников ЖЦ.

Но все расчеты по стоимости процессов ЖЦ по сути являются прогнозными, и проблема заключается в том, как оценить влияние рисков на доходность таких уникальных, дорогостоящих, технологически сложных проектов. Недостаточность математического аппарата для решения таких задач ведет к отсутствию практических рекомендаций в этой области и налагает существенные ограничения на заключение КЖЦ, более того, сдерживает инвестиции в разработку высокотехнологических инжиниринговых проектов.

Контракт жизненного цикла на разработку и поставку продукции должен содержать эффективный механизм обеспечения заданного уровня качества предмета контракта при условии экономии бюджетных расходов на его реализацию и при одновременном обеспечении обоснованного уровня рентабельности для головного исполнителя.

В настоящее время, например, в действующей контрактной системе не заложены механизмы защиты инвестиций головного исполнителя, как при расторжении контракта, так и при снижении соответствующих статей федерального бюджета на соответствующие виды работ по эксплуатации, ремонту, поддержанию технической готовности и т.д.

Данное обстоятельство отличается от мировой практики реализации подобных контрактов, когда при прекращении соглашения по обстоятельствам, зависящим от государства и обстоятельствам непреодолимой силы предусматриваются выплаты, гарантирующие интересы кредитных организаций (суммы основного долга с начисленными, но невыплаченными процентами, иные формы компенсаций). Это позволяет снизить, и даже полностью покрыть все издержки, обусловленные появлением рисковых, критических событий.

Таким образом, можно констатировать целесообразность и необходимость разработки методики оценки влияния рисков КЖЦ на его доходность для предприятия (разработчика и производителя продукции). В качестве такой методики авторы предлагают использовать построение дерева рисков КЖЦ и применение процедуры свертки [2]. Применение такой методики позволит существенно уточнить реальную доходность контрактов для исполнителей и их эффективность для заказчика, поскольку для контрактов с большой относительной долей капитальных ресурсов, с возможными отложенными выплатами, существуют большие риски значительного снижения реальной доходности контрактов для их исполнителей, вплоть до отрицательных величин. Схематично дерево рисков КЖЦ представлено на рис. 1.

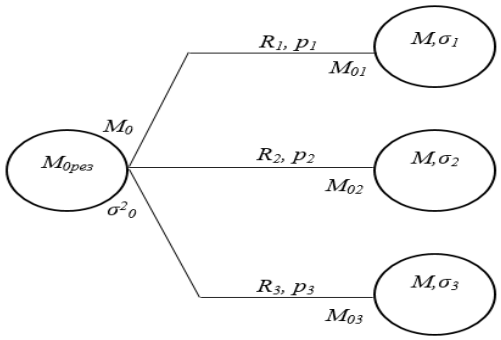


Рис. 1. Схематичное представление дерева рисков КЖЦ

В представленной на Рис.1. схеме:

M – прогнозируемый (прописанный в контракте) доход от реализации КЖЦ. Так как оценка влияния всех рисков производится для одного и того же контракта, то $M = const$;

σ_n (σ^2_n) – влияние рисков группы n на доход от реализации КЖЦ;

M_{0n} – промежуточная расчетная величина;

R_n – группа рисков n;

p_n – вероятность возникновения рисков группы n;

M_0 - доход от КЖЦ с учетом влияния всех рисков;

σ_0 (σ^2_0) – влияние всех рисков КЖЦ на доход;

$M_{0рез}$ – безрисковый эквивалент (M_0; σ_0).

Предлагаемая методика может масштабироваться в зависимости от количества выделяемых групп и подгрупп рисков. В представленном на Рис.1. дереве выделяются следующие укрупненные группы рисков КЖЦ:

R_1 – риски, связанные с значительным влиянием инфляции;

R_2 – значительные риски некачественного выполнения контрактов в сфере ГОЗ обусловленные постоянным дефицитом оборотных средств;

R_3 – риски, связанные с формированием запасов, а так же поставщиками и подрядчиками.

Применение процедуры свертки построенного дерева рисков КЖЦ позволяет определить величины M_0 и σ_0, уточняющие доход КЖЦ с учетом влияния выделяемых рисков.

Применение процедуры свертки:

(1) $\mathrm{M_{0n}} = \mathrm{M} - \alpha \cdot \sigma_{\mathrm{n}}^2$

(2) $\mathrm{M_0} = (\sum \mathrm{M_{0n}} \cdot \mathrm{p_n})$

(3) $\sigma_0^2 = (\sum(\mathrm{M_{0n}} - \mathrm{M_0})^2 \cdot \mathrm{p_n})$

(4) $\mathrm{M_{0рез}} = \mathrm{M_0} - \alpha \cdot \sigma_0^2$

Параметр α определяет требование к компенсации за риск.

Применение предложенной методики для уточнения дохода КЖЦ представляется обоснованным и целесообразным и возможно рекомендовать ее к применению в совокупности с другими методами при расчете полной стоимости ЖЦ.

Литература

1. Бром А.Е., Масленникова И.Л. Проблемы оценки полной стоимости жизненного цикла для конкуретноспособной продукции специального назначения. Экономика и управление: проблемы и решения, 2017 — с. 209-2013.

2. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска: учебник, 2006 — с.95.

ФОРМИРОВАНИЕ СМЕШАННОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Сыроваткин А. С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
sibadi@gmail.com

Аннотация: Рассмотрены ситуации, в которых существуют ограничения при формировании смешанного инвестиционного портфеля, выражаемых в обязанности запуска части реальных проектов. Разработана оптимизационная задача для таких условий.

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционный портфель, портфель реальных проектов, смешанный инвестиционный портфель, инвестиции предприятия, ограничения смешанного инвестиционного портфеля

Введение

Взвешенный подход к инвестированию остается центральной проблемой средних и крупных предприятий. В отличии от инвестиционных банков, пенсионных фондов и прочих институциональных инвесторов, для которых инвестиции являются основным видом деятельности, у предприятий производственного сектора цели инвестиционной стратегии могут быть несколько иными. Например, это может быть диверсификация для снижения риска по основному виду деятельности, расширение сфер производства с целью достижения синергии, вложение прибыли в случае ограниченной емкости рынка по основному виду деятельности, в конце концов, просто эффективное использование временно свободных денежных средств.

При всем разнообразии целей, к инвестициям остаются два базовых требования – максимизация прибыли и минимизация рисков. Часто состав инвестиционного портфеля становиться смешанным и состоит из ценных бумаг и реальных проектов. В этих условиях у некоторых предприятий, осуществляющих инвестиции, обнаруживаются дополнительные критерии и ограничения, которые могут существенно влиять на подход к формированию инвестиционного портфеля и на используемые методы оптимизации.

Исходя из инвестиционной политики и ограничений при формировании и управлении инвестиционным портфелем, возможны три ситуации.

1. производственное предприятие пытается реализовать инвестиционные цели только за счет формирования портфеля ценных бумаг.
2. предприятие формирует смешанный инвестиционный портфель из ценных бумаг и реальных проектов. при этом оно не должно обязательно реализовывать какой-то реальный проект и может прекратить любой проект на любом этапе инвестирования, если найдет это целесообразным.
3. предприятие обязано запустить один или нескольких конкретных реальных проектов, но может проводить любые операции с другими, а также с ценными бумагами. Такая ситуация возможна для средних и крупных производственных предприятий, инвестиционная политика которых, ввиду внутренних или внешних обстоятельств диктует им такие условия. Основанием может служить, например, государственная поддержка производства в определенных сферах, дающая право на налоговые послабления или иные преференции и т.д.

Если для первых двух случаев существуют более или менее эффективные подходы для формирования инвестиционного портфеля, то третий вариант рассмотрен в научной литературе не был.

Осознание того факта, что совокупность активов может иметь лучшие характеристики, нежели любой актив из совокупности отдельно, пришло давно. Согласно [1], первое упоминание популярной у финансистов пословицы «Don't put all your eggs in one basket» было зафиксировано в 1710 году. Однако временем появления портфельной теории, в том виде в котором мы ее знаем, можно считать только 1952 год, когда Г. Марковиц опубликовал в «Финансовом журнале» свою работу [2].

Марковиц считал, что диверсификация не должна быть простым распределением капитала между случайными ценными бумагами. Это распределение должно использовать внутренние связи между бумагами, а полученный портфель удовлетворять инвестора по величинам риска и доходности. Данная теория получила продолжение в работах Шарпа [3], который предложил, ввиду большой трудоемкости нахождения взаимных корреляций, использовать корреляцию к рыночному портфелю. Такой подход дал возможность применять метод шире.

Последние десятилетия показывают рост интереса исследователей к вопросу формирования портфеля смешанных активов. Так же, как совокупность акций имеет больше возможности для инвестора, нежели отдельная бумага, так и совокупность разных типов активов позволяет достичь лучшего результата. Однако до некоторого момента в исследованиях в качестве элементов инвестиционного портфеля реальные проекты не рассматривались. Это объясняется рядом сложностей при работе с ними, одной из которых оказалась их адекватная оценка. Преодолеть это затруднение попытались в нескольких работах, представленных в литературе по корпоративным финансам.

В самом простом случае для оценки возможной стоимости проекта в будущем предлагается использовать метод чистого дисконтированного потока (NPV) скорректированного на риск, вместе с деревом решений [4]. Очевидный плюс этого метода - простота, но он также не лишен недостатков, одним из которых является выбор адекватной ставки дисконтирования [5]. В альтернативном методе вместо NPV используется функция полезности. Также в качестве метода оценки реальных проектов можно рассматривать анализ условных требований (CCA) используемый для оценки реальных опционов [6].

В относительно недавней работе Smith, J. E. и Nau R. F [7] оценивать проекты предлагается через так называемую безубыточную цену покупки и продажи. Позже было предложено улучшение представленного подхода с помощью метода условного портфельного программирования [8].

Несколько иной подход к формированию инвестиционного портфеля был предложен после появления и развития теории нечетких множеств. Одно из первых его упоминаний можно найти в работе [9], в которой рассматриваются недостатки классического подхода к оценке риска проектов и предлагается альтернатива, основанная на теории нечетких множеств.

Позже, в работе [10] был предложен метод формирования смешанного инвестиционного портфеля состоящего из проектов реальных инвестиций и ценных бумаг основанный на использовании теории нечетких множеств.

В данном исследовании решается задача формирования оптимального инвестиционного портфеля смешанных активов в условиях ограничения, выраженных в обязанности запуска части реальных проектов.

Оптимизационная двухкритериальная задача

Рассмотрим более подробно, ситуации, в которых инвестору нужно сформировать инвестиционный портфель предприятия, в условиях, когда возможны вложения в ценные бумаги и реальные проекты, часть из которых инвестор обязан запустить.

- Как уже упоминалось, это могут быть, например, производственные проекты, государственная поддержка которых обеспечивает дополнительные преимущества и инвестору необходимо, как минимум, иметь возможность сравнить инвестиционные портфели с учетом таких ограничений и без них.
- Это могут быть проекты, для которых допустимы некоторые убытки, но которые через обозримое время позволят, например, занять долю рынка, дающую возможность дальнейшего безубыточного развития.
- Возможно, это социально-значимые проекты, прибыльность которых желательна, но не обязательна, при этом минимизация убытков и рисков также играет роль.

Таким образом, мы видим, что рассматриваемая задача актуальна и востребована средними и крупными предприятиями, участвующими в развитии современного общества.

Задачу оптимизации инвестиционного портфеля смешанных инвестиций, состоящего из реальных проектов и ценных бумаг с обязательными проектами можно представить так:

$$\max \mathrm{f(x,z)} = \sum_{i=1}^{k}(p_i + b_i - b_i^0)z_i + \sum_{i=1}^{n}(l_i + c_i - c_i^0) + \sum_{i=1}^{m}(x_i - x_i^0)$$

$$\min \omega(\mathrm{x,z}) = \min\left|0, \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{k}}(p_i + b_i - b_i^0)z_i + \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}}(l_i + c_i - c_i^0) + \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{m}}(x_i - x_i^0)\right|$$

$$\mathrm{B} \le \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{k}} b_i^0 z_i + \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} c_i^0 + \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{m}} x_i^0$$

$$\mathrm{x_i} \ge 0, \mathrm{i} = 1,2,\ldots,\mathrm{m},$$

$$\mathrm{z_i} = \{0,1\}, \mathrm{i} = 1,2,\ldots,\mathrm{k},$$

где k- общее количество необязательных проектов, p_i- прогнозируемая прибыль i-го необязательного проекта, b_i- остаточная стоимость i-го необязательного проекта, b_i^0- начальная стоимость i-го необязательного проекта, z_i- признак включения необязательного проекта в портфель, равен 1 если проект запускается и 0 если нет, n- общее количество обязательных проектов, l_i- прогнозируемая прибыль обязательного i-го проекта, c_i - остаточная стоимость i-го обязательного проекта, c_i^0- начальная стоимость i-го обязательного проекта, m- количество ценных бумаг в портфеле, x_i - прогнозируемая стоимость i-ой ценной бумаги, x_i^0- начальная стоимость i-ой ценной бумаги.

Для решения данной задачи использовались известные подходы численного решения многокритериальных задач, в частности алгоритм имитации отжига. Кроме того, применение нечеткой математики дает возможность использовать экспертные оценки стоимости и исходить из прогнозируемого диапазона стоимости [11].

Заключение

В данной работе нами была показана востребованность метода, позволяющего формировать смешанный инвестиционный портфель в условиях обязательного включения части реальных проектов. Кроме того, нами была разобрана оптимизационная задача для данного метода и предложены варианты ее решения. Полученные результаты могут повысить эффективность инвестиций средних и крупных организаций в вышеописанных условиях.

Литература

1.The American Heritage Dictionary of Idioms / by Christine Ammer. Houghton Mifflin, 1997.

2. *H. Markowitz*, Portfolio Selection, Journal of Finance, V.7., I.1., P. 77-91, (1952)

3. *W. Sharpe*, Capital Assets Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk, Journal of Finance, V.19., P. 425-442, (1964)

4. *Richard A. Brealey, Stewart C. Myers, Franklin Allen.* "Principles of corporate finance." McGraw 2014. – P.245-266.

5. Risk Assessment In Multi-period Models, A Syrovatkin - 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD) - ieeexplore.ieee.org

6. *Dixit, A. K., Pindyck. R. S.* “Investment Under Uncertainty.” Princeton University Press, Princeton, NJ. 1994. P.114-120
7. *Smith, J. E., Nau R. F.*. 1995. Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis. // Management Science. Vol. 41, №5, May 1995. P.795-816.
8.Gustafsson, J., Salo A. Contingent Portfolio Programming for the Management of Risky Projects. // Operations Research, published online: December 1, 2005.
9. *Севастьянов П.В.* Невероятностная концепция риска в оптимизации портфеля / П.В. Севастьянов, Л.Г. Дымова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ifel.ru/br1/12.pdf
10. *Yong Fang, K.K. Lai and Shou-Yang Wang, A* Fuzzy Mixed Projects and Securities Portfolio Selection Model, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery: Second International Conference, FSKD 2005, Changsha, China, August 27-29, 2005, Proceedings, Part II (pp.931-940)
11. Использование теории нечетких множеств в экономическом анализе инвестиционных проектов/ Р.А. Файзиев, У.Т. Хаитматов, О.Х. Азаматов, Ш.Р. Джуманиязов - International Journal of Innovative Technologies in Economy, June 01, 2018

ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ХЕРСТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КУРСОВ АКЦИЙ В УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Сизых Д.С.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65,
Институт Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
D.Sizykh@gmail.com,
Сизых Н.В.
Институт Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
sizykh_n@mail.ru

Аннотация: Результаты исследования показали, что коэффициент Херста может использоваться как дополнительный показатель риска по полученным прогнозным данным, что способствует повышению их надежности в управлении крупномасштабными инвестиционными системами. Способность оценки тренда временных рядов с помощью коэффициента Херста не подтверждается.

Ключевые слова: управление инвестиционными системами, показатель Херста, модель прогнозирования Хольта-Уинтерса, курсы акций.

Введение

Существенную часть информационного обеспечения современных инвестиционных систем составляют прогнозные данные. Поскольку эффективность принимаемых на их основе управленческих решений зависит именно от соответствия полученного прогноза действительности, то значимость развития методологии и инструментария для прогнозных оценок является актуальной. Что касается развития различных инвестиционных систем, то особое значение имеет прогнозирование котировок ценных бумаг. Как отмечают аналитики фондового рынка, современные методы и инструменты прогнозирования курсовой стоимости акций фондового рынка не обладают приемлемой эффективностью [1,2,4,8]. Инвестиционные процессы требуют использования все новых, более эффективных и универсальных способов управления ценными бумагами на фондовом рынке. Для этих целей достаточно часто используются и совершенствуются различные модели технического анализа. Современные алгоритмы машинного обучения упростили возможность аналитикам совершенствовать модели для прогнозирования цен акций.

Качественным решением многих проблем в области прогнозирования котировок ценных бумаг и оценки рынка может быть фрактальный анализ. Его практическое применение часто игнорируется трейдерами и инвесторами. Однако, в настоящее время имеются данные исследований, указывающие на то, что фрактальный анализ временных рядов помогает эффективно оценить наличие и стабильность тренда на рынке. Но, при этом следует отметить, что практических исследований по применению в прогнозировании рыночных процессов коэффициента Херста недостаточно.

Коэффициент Херста является одним из основных значений фрактального анализа и имеет возможность повысить эффективность прогнозных данных при анализе временных рядов.

Целью проведенного исследования являлось изучение возможности применения коэффициента Херста для повышения информативности прогнозирования курсов акций при принятии решений в управлении инвестиционными системами. Наиболее востребовано решение данного вопроса различными автоматизированными системами на фондовых рынках, автоматизированными системами для консультаций инвесторов, робоэдвайзерами и пр. При выполнении данного исследования был проведен анализ существующих методов и алгоритмов прогнозирования курсов акций; исследованы и подобраны наиболее точные методы прогнозирования для конкретных данных по курсам акций для ведущих IT-компаний; оценен коэффициент Херста для курсов акций ведущих IT компаний; исследованы возможности эффективного применения показателя Херста для прогноза курсов акций.

1 Коэффициент Херста в анализе временных рядов

Показатель Херста (Hurst) определяет случайность характера изменений уровней временного ряда, а, значит, может характеризовать трендовость.

Данный показатель был предложен Гарольдом Эдвином Херстом и применяется для любых временных рядов даже с неизвестными распределениями [1,2]. А, значит, он вполне подходит для анализа котировок акций.

Показатель Херста H рассчитывается как:

$$R/S = (aN)^H,$$

отсюда:

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(aN)},$$

где

H –коэффициент Херста;

S –стандартное отклонение уровней временного ряда;

R –величина накопленного отклонения;

N – значение количества анализируемых временных периодов;

a – константа, которая эмпирическим путем была рассчитана для рядов на небольшой период времени и составила 0.5.

Э. Найманом была предложена формула для расчета показателя Херста для данных с малым числом наблюдений: [2]

$$H_T = \frac{\lg\left(\frac{R}{S_T}\right)}{\lg\left(\pi * \frac{N}{2}\right)}(-0{,}0011 * \ln(N) + 1{,}0136)$$

Данной формулой воспользуемся при оценке показателя Херста в проводимом исследовании временных рядов котировок акций.

Значения коэффициента Херста изменяются в интервале от 0 до 1. При этом:

- если 0<H<0.5 – имеется антиперсистентный временной ряд, для которого более вероятна смена предыдущего направления;
- если H=0.5 – имеется стохастический временной ряд, для которого возможна любая смена направления;
- если 0.5<H<1 – имеется персистентный временной ряд, для которого смена предыдущего направления наименее вероятна [1,2,5].

Таким образом, можно определять случайность характера изменений уровней временного ряда для прогнозных показателей, а это имеет отношение к анализу трендовости.

2 Практические результаты исследования возможности применения коэффициента Херста для прогнозирования курсов акций

Показатель Херста в данном исследовании оценивался по данным временного ряда котировок акций по месяцам за период одного года, то есть - 12 месяцев. Оценка проводилась отдельно за 2015, 2016 и 2017 г.г. Поэтому прогноз рассматривался на последующий период по месяцам. Поскольку имеется небольшое количество наблюдений, то оценка коэффициента Херста проводилась по усовершенствованной формуле Э. Наймана.

Динамика изменения показателя Херста за период 2015-2017 г.г. показана на рисунке 1.

Анализ полученных значений показал, что большинство интернет-компаний (примерно 60% - 70%) имеют значение Херста более 0.5. При этом наибольшие показатели Херста отмечены по данным за 2016 г. Таким образом, можно прийти к заключению, что рынок акций интернет-компаний является фрактальным, а значит, использование стандартного статистического анализа является проблематичным. Чем выше значение показателя Херста, тем меньше «шум», больше персистентность и более явные тренды. Эти данные указывают, что рынком учитывается некоторое время полученная информация, и это влияние со временем ослабевает, при этом медленнее, чем кратковременные зависимости.

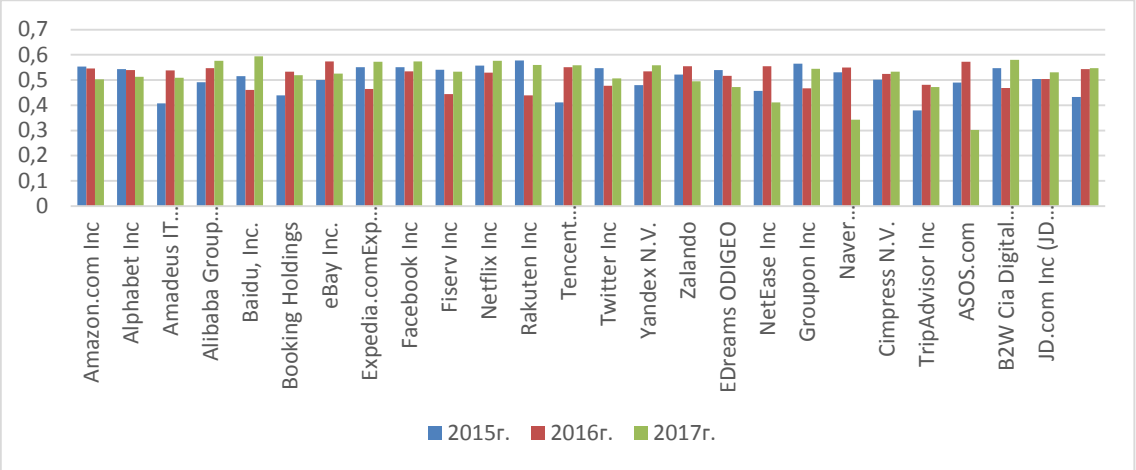


Рисунок 1. Диаграмма динамики показателей Херста за период 2015-2017 г.г., ед.

При выполнении данного исследовании определялась вероятность смены предыдущего направления временного ряда котировок акций. Было установлено, что для прогноза на 1 месяц данная зависимость выполняется на более, чем 90%, для прогноза на 2 месяца – вероятность более 75%, далее данная зависимость резко снижается. Использовать данный показатель при оценке прогноза на период 6 месяцев и более не представляется возможным. Выявлено наличие среднего уровня взаимосвязи показателей Херста с показателем точности прогноза.

Коэффициент Херста практически не взаимосвязан с показателями Спирмена и Кендела, а значит оценивает иное свойство врременного ряда, то есть не трендовость (корреляция отрицательная и составляет от -4,5% до -5%). Поэтому сомнительным является утверждение некоторых аналитиков о том, чтог показатель Херста может характеризовать наличие или отсутствие тренда во временном ряду котировок акций [2,6,7].

По результатам факторного анализа стабильно за все три года (отдельно по годам) показатель Херста выделялся в отдельную группу, не совмещаясь ни с одним из динамических показателей ряда. Все это указывает на то, что показатель Херста не отражает динамические характеристики ряда, а отражает фрактальную характеристику и оценивает показатель риска, т.е. вероятность прогнозного показателя. Сопоставление показателя риска временного ряда по среднеквадратическому отклонению доходности акций с показателем Херста выявило взаимную корреляцию на уровне 30-35 %%. Но данный факт требует дальнейшего исследования для установления причин и устойчивости данной взаимосвязи.

Данное исследование еще раз подтвердило, что взаимосвязь показателя Херста и прогнозных показателй ряда носит стохастический характер. Длина горизонта прогнозирования, для которого миожно использовать показатель Херста достаточно мала и, по видимому, она может значимо отличаться для иных временных рядов и в зависимости от разных временных периодов. Константу Херста можно использовать только как меру риска при прогнозировании по временным рядам. При этом следует поправить заключение, сделанное Э.Петерсом о том, что при анализе риска акций преимущественно использовать не стандартное отклонение, а фрактальное измерение, к которому и относится показатель Херста [8]. Как было установлено в данном исследовании: стандартное отклонение и показатель Херста оценивают достаточно разные характеристики риска, поэтому эти показатели лучше использовать совместно, как дополняющие друг друга. Таким образом, использование фрактального анализа позволяет повысить эффективность прогнозирования и принятия последующих решений.

Предложенный автоматизированный процесс прогнозирования с использованием показателя Херста может использоваться менеджерами компаний и инвесторами для принятия эффективных решений.

Литература

1. Cebrail C¸ Turk J. Comparison of Daubechies wavelets for Hurst parameter estimation // Elec Eng & Comp Sci. 2010.

2. Clegg, R. G. A Practical Guide to Measuring the Hurst Parameter // International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology. 2004.

3. К Кузнецов С.Б., Гладковский О. П. Фрактальный анализ котировок ВТБ // Сибирская Академия Государственной Службы. 2010.

4. Moody J., Wu L. Price Behavior and Hurst Exponents of Tick-By-Tick // Proceedings of Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering. 1995.

5.*Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2010. 656 с.

6. Некрасова И.В. Показатель Херста как мера фрактальной структуры и долгосрочной памяти финансовых рынков // Южный федеральный университет. 2015.

7. Осипов Г.С. Оценка фрактальности финансовых временных рядов с помощью показателя Херста // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2017. – №4. – С. 46-52.

Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. - М.: Мир, 2000.

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ

Тюхова Е.М.

Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium

Oude Markt 13, 3000 Leuven, Belgium

lena.tyukhova@gmail.com,

Сизых Д.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

Институт Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

D.Sizykh@gmail.com

Аннотация: В работе проанализирована возможность использования кластерного анализа для формирования эффективного портфеля ценных бумаг. Выявлены особенности использования кластерного анализа и апробирован алгоритм его применения на примере формирования портфеля акций робоэдвайзером.

Ключевые слова: кластерный анализ, котировки акций, формирование портфеля ценных бумаг, метод Марковица, динамические показатели, рыночные характеристики акций.

Введение

Расширение инвестиционной деятельности способствует развитию и внедрению различных автоматизированных систем с целью повышения ее эффективности. В последние годы значительно возрастают предложения по внедрению и использованию разнообразных робоэдвайзеров для формирования инвестиционных портфелей ценных бумаг, для инвестиционного консультирования и пр. Современные робоэдвайзеры применяются как конечными пользователями-инвесторами, так и менеджерами инвестиционных управляющих компаний, как профессиональными инвесторами, так и непрофессиональными. В связи с этим растет потребность в постоянном совершенствовании математических методов и моделей, используемых в робоэдвайзерах для предварительной обработки и анализа различной информации с целью повышения качества предоставляемых услуг по инвестиционным консультациям, по формированию инвестиционных портфелей, выбору ценных бумаг, перебалансировке и оптимизации портфелей и пр. [1, 3-6]

Самым востребованным направлением консультаций с помощью робоэдвайзеров является формирование и перебалансировка портфелей ценных бумаг. В данном направлении уже разработаны различные алгоритмы выбора ценных бумаг. Некоторые алгоритмы нацелены только на выбор массива ценных бумаг и предоставление возможности инвесторам самим выбрать те ценные

бумаги, которые они хотели бы включить в формируемый портфель. Есть алгоритмы, которые предлагают инвесторам варианты с уже сформированными портфелями.

Актуальным в настоящее время является разработка и внедрение различных интеллектуальных алгоритмов, которые способствуют формированию эффективных и оптимальных инвестиционных портфелей. Одним из таких инновационных направлений является анализ возможности использования кластерного анализа. Известно, что для формирования эффективного инвестиционного портфеля необходимо включение в него ценных бумаг, которые имеют противоположные стоимостные тенденции. В данном случае использование кластерного анализа является целесообразным, поскольку он направлен на разбиение объектов по совокупности их признаков на однородные группы. Цель кластерного анализа, как метода изучения однородности сложных и неочевидно взаимосвязанных объектов, состоит в выделение кластеров из исследуемой совокупности объектов. Поэтому выбор ценных бумаг из разных кластеров и будет способствовать снижению рисков инвестиционного портфеля [2,4,7].

В работе исследована возможность использования кластерного анализа для предварительного формирования групп ценных бумаг, из которых в дальнейшем формируется портфель, разработан и предложен алгоритм. Такой предварительный этап предоставляет инвесторам сделать достаточно эффективный выбор уже на начальном этапе. В дальнейшем могут использоваться различные алгоритмы оптимизации.

1 Особенности применения кластерного анализа для формирования портфеля ценных бумаг

С помощью кластерного анализа формируем кластеры со сходными объектами (компании, акции которых рассматриваются для включения в портфель) [6,7]. *Для оценки* меры схожести объектов используем следующие признаки:

- котировки стоимости акций (рассматриваются временные ряды);
- различные динамические показатели временных рядов котировок акций;
- основные рыночные мультипликаторы деятельности компаний-эмитентов акций.

Таким образом, исходные данные при проведении кластерного анализа задаются матрицей признаков, в которой каждому объекту соответствует определенный набор признаков [1,2,4,7]

$$X = \left\{ x_{ij} \right\}, (i = 1,2,...,\mathrm{n}), (\mathrm{j} = 1,2,...,\mathrm{m})$$

Где:

xij – j-ый признак i-того объекта;

m – количество признаков, характеризующих исследуемые объекты;

n – количество исследуемых объектов для кластеризации.

В качестве используемой метрики *для оценки сходства* объектов используется расстояние между объектами, *т.е.* *d*(x, y) - расстояние между объектами x и y в пространстве признаков, характеризующих объекты кластеризации с введенной метрикой. В качестве метрики используется квадрат евклидова расстояния:

$$d(x,y) = \sum_{j=1}^{m} (x_j - y_j)^2,$$

где m-количество признаков j=1,2,…,m

Используется метод кластеризации к-средних. Количество кластеров определяется по количеству обобщенных факторов, выделенных с помощью упрощенного варианта факторного анализа, который проводится методом главных компонент с собственными значениями более 0,8. Поскольку с помощью данного метода выделяются обобщенные факторы (признаки группируются по показателю взаимной корреляции), то можно предположить, что количество кластеров может соответствовать количеству выделенных факторов. В кластерном анализе объекты группируются по расстоянию между ними, а мерой расстояния выступают значимые признаки. Предполагаем, что в выделенных обобщенных факторах найдется, по крайней мере, один значимый признак, который будет участвовать в формировании кластеров. Взаимное сочетание таких признаков, как правило, будет повышать количество кластерных группировок.

В качестве оценки связанности кластеров используют отношение среднего внутрикластерного расстояния к межкластерному:

$$Q_{i,j} = \frac{Q1_i + Q1_j}{2Q2_{i,j}}$$

где Q1i, и Q1j – средние внутрикластерные расстояния классов i и j;
Q2i,j – среднее межкластерное расстояние между этими же кластерами.
Для оценки значимости различий применяется t-критерий Стьюдента.

2. Практические результаты исследования

Известно, что чем больше различаются объекты инвестиций между собой, тем ниже показатели риска, при включении этих объектов в один портфель. При этом данные объекты могут иметь различную доходность. Поэтому, после получения набора кластеров появляется задача формирования правила выбора объектов инвестирования для формирования портфеля ценных бумаг. Формирование портфеля на базе ценных бумаг из разных кластеров будет снижать возможные риски. Что касается доходности данного объекта, то она может быть разной не зависимо от положения объекта в кластере.

Формирование портфеля ценных бумаг с помощью данных кластерного анализа будем проводить по следующему правилу: выбираем ценные бумаги из разных кластеров с учетом максимально доходности при вероятности принадлежности объекта к данному кластеру более 0,7. При использовании кластерного анализа в робоэдвайзерах инвестору предъявляются выбранные ценные бумаги по кластерам с указанием доходности и вероятности их принадлежности данному кластеру, и инвестор сам может указать те из них, которые он хотел бы иметь в своем портфеле.

В случае формирования портфеля робоэдвайзером, автоматически выбирается от 2 до 10-ти ценных бумаг из разных кластеров с учетом максимально доходности и вероятности принадлежности объекта к данному кластеру более 0,7.

После выбора ценных бумаг для формирования портфеля, проводится процесс оптимизации. В качестве модели оптимизации в данном случае рекомендуется использовать метод Марковица для построения инвестиционного портфеля максимальной доходности [3]

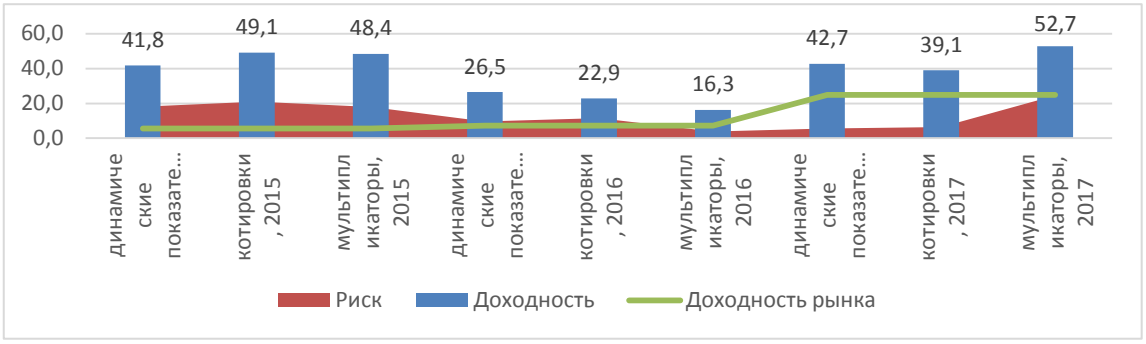


Рис. 1. Диаграмма показателей риска и доходности инвестиционных портфелей акций интернет-компаний, сформированных только по результатам кластерного анализа без проведения оптимизации за период 2015-2017 г.г.

При формировании инвестиционного портфеля Марковица на веса ценных бумаг накладывается ограничение сверху: вес не более заданного значения для обеспечения диверсификации портфеля и отсутствия сильного доминирования ценных бумаг только одной компании в портфеле.

Сравнительный анализ инвестиционных портфелей акций сформированных на базе данных кластерного анализа показал, что:

- использование данных кластерного анализа позволяет формировать эффективные инвестиционные портфели, повысить их доходность;
- данные кластерного анализа можно использовать как предварительный этап для формирования эффективных портфелей;
- доходность портфелей, сформированных на основе данных кластерного анализа с дальнейшей оптимизацией, выше доходности рынка. Даже если портфель сформирован только по данным кластерного анализа без оптимизации, то его доходность, как правило выше рынка;
- использование оптимизации Марковица для портфеля, сформированного по данным кластерного анализа, позволяет повысить доходность и снизить риск: доходность повышается, как

правило, от 30% и выше, а в некоторых случаях и даже на 50% и выше. При этом риск портфеля снижается.

По проведенным исследованиям не получено однозначного ответа относительно выбора признаков, по которым наилучшим образом разделяются акции по группам для дальнейшего формирования инвестиционного портфеля. При этом в большинстве случаев наиболее эффективный портфель формируется по данным кластеризации акций по котировкам.

Литература

1. Erich, A. Techniques of Financial Analysis with Financial Genome Passcode Card.- McGraw-Hill/Irwin, 2002, 570 p.

2. Esbensen, K. , Guyot, D.,Westad, F, Multivariate Data Analysis - in Practice. Multivariate Data Analysis, 2002, 598 p

3. Fein, M. L., Robo-advisors: A closer look, 2015

4. Markowitz, H., PORTFOLIO SELECTION. Journal of Finance, 7, issue 1, 1952, p. 77-91

5. Marvin, K. Creating Diversified Portfolios Using Cluster Analysis. Independent Work Report Fall, 2015

6. Melanie L. Fein. Robo-advisors: a closer look 2015

7. Ren, Z. Portfolio construction using clustering methods (Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute). Retrieved from https://web.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-042605-092010, 2005

8. Tyukhova, E., Sizykh, D., & Smirnov, A. (2018). Quality Estimation Model of Investment Portfolio Rebalancing Process. Proceedings of 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development", pp. 1-5. IEEE. Retrieved from https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8551950

СЕКЦИЯ 3: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ. ПРОЕКТНЫЕ ОФИСЫ И СИТУАЦИОННЫЕ И ПРОГНОЗНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЦЕНТРЫ, ИНСТИТУТЫ РАЗВИТИЯ КРУПНО-МАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

ВИРТУАЛЬНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН В СИСТЕМЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ: МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ИНТЕРЕСОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА[41]

Авдеева З.К., Коврига С.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
avdeeva@ipu.ru, kovriga@ipu.ru

Аннотация: С учетом технологических возможностей СЦ предложены принципы формирования согласованных представлений участников виртуального сотрудничества с использованием когнитивных карт; подход к построению и обоснованию когнитивной карты на основе интеграции экспертных представлений и информации, выявляемой методами поиска и анализа данных в открытом информационном пространстве.

Ключевые слова: виртуальное сотрудничество, согласование представлений и интересов, когнитивная карта

Современные ситуации принятия управленческих решений требуют привлечения заинтересованных сторон (далее, для краткости, стейкхолдеров) – носителей первичных знаний в проблемной области; носителей знаний о целях, намерениях, мотивациях и т.п., которые определяют предпочтения при воздействиях на управляемую ситуацию. Поэтому в сфере государственного управления и формирования политики все большее значение приобретает категория «governance» наряду с традиционным менеджментом (management). Governance[42] – это вид управления взаимодействием различных стейкхолдеров, которое ориентировано на (1) определение сбалансированных согласованных целей (которые должны быть достигнуты) с учетом удовлетворения потребностей, условий и интересов стейкхолдеров проблемной ситуации (ПС); (2) определение направлений путем установления приоритетов и принятия решений; и (3) контроль за выполнением и соблюдением согласованных направлений и целей [1]. Взаимодействие стейкхолдеров на уровне государственного управления носит распределенный характер. В данных условиях возрастает роль сетей управления (governance networks) – формы сетевого сотрудничества, усилия которого направлено на достижение согласованных целей [2]. Важно отметить, что существенная сложность внутри сетей управления обусловлена не столько сложностью проблем и нехваткой информации и знаний, сколько отсутствием консенсуса относительно характера проблем, их причин и решений. Решение проблем, разработка политики связаны с участием стейкхолдеров, которые по-разному воспринимают ситуацию и интерпретируют имеющуюся информацию. Кроме того, стейкхолдеры имеют не только разные интересы, но и различные возможности положительного или отрицательного влияния на результат совместной деятельности.

Повышение качества управленческих решений, обеспечение их согласованности на всех уровнях сегодня реализуется благодаря технологическим возможностям ситуационных центров (СЦ) в рамках концепции системы распределенных СЦ (СРСЦ), функционирующих по единому регламенту взаимодействия. Значимую роль в СРСЦ занимает сетевое взаимодействие обсуждения проблем, согласование решений в командах с применением методов и средств виртуального сотрудничества и ситуационной осведомленности. Виртуальное сотрудничество отличается от обычной телеконференции уровнем продвинутости технологии обработки контента и коммуникации в части обеспечения ускоренного взаимопонимания участников коммуникации [3].

Потенциал СЦ для повышения качества и согласованности управленческих решений состоит в возможности интеграции ИКТ с новейшими достижениями в области экспертно-аналитических методов и технологий анализа и оценки ситуаций, организации коллективной работы ЛПР, экспертов и других стейкхолдеров непосредственно в процессе решения проблем. Однако данный потенциал по-прежнему недостаточно задействован: специалисты в области создания и внедрения СЦ в

[41] *Работа выполнена при частичной поддержке РНФ (грант № 17-18-01326).*
[42] *В русском языке пока не существует аналога «governance».*

большей степени ориентированы на улучшение программно-технического обеспечения СЦ несмотря на то, что присутствует понимание перспективности развития экспертно-аналитической функциональности центров. Такое положение дел обусловлено, в первую очередь, слабой реализацией потенциала научных и технологических достижений в области поддержки экспертно-аналитической деятельности, групповой коммуникации. Особенно эта тенденция наблюдается при создании СРСЦ, где сетевому взаимодействию отводится значимая роль, как отмечалось выше.

В части перспективного научно-методического задела, ориентированного на создание средств поддержки виртуального сотрудничества ЛПР, экспертов и других стейкхолдеров ПС, можно выделить когнитивные карты (КК) и методы на их основе, активно развивающиеся в современной методологии принятия решений. КК – это формализованная модель ситуации, отражающая знания субъектов о причинно-следственных влияниях между ее значимыми факторами. Особенностью КК, позволяющей использовать их при создании средств виртуального сотрудничества, являются то, что они являются средством вербализации и передачи ментальных моделей экспертов и других стейкхолдеров, причастных к ПС. Таким образом, они делают отдельные представления явными и проверяемыми, и, как следствие, доступными для согласования. Это не только улучшает индивидуальное восприятие проблемы участниками коммуникации, но также может способствовать общему пониманию проблемы в группах принятия решений [4]. К тому же построение КК ПС возможно на основе сочетания экспертных представлений с информацией, выявляемой методами поиска и анализа данных (МПАД) в информационном пространстве. Тем самым КК становятся технологическим средством интеграции индивидуальных представлений и разнородной информации для построения обобщенного представления о ПС, согласования интересов стейкхолдеров и/или выявления возможных конфликтов интересов и путей их разрешения.

Использование потенциала моделей КК в практике группового взаимодействия и решения на их основе управленческих задач в СРСЦ предполагает реализацию ряда принципов формирования согласованных представлений ЛПР, экспертов и других стейкхолдеров в условиях распределенного взаимодействия при построении модели ПС.

Принцип установления «границ» модели ситуации. Согласно данному принципу построение модели ПС предваряется определением общей направленности (целей) групповой коммуникации и формированием укрупненной концептуальной модели ПС, определяющей границы «захвата» знаний по ситуации. Игнорирование данного принципа может привести к большим, чрезмерно сложным избыточным «моделям мира». К тому же следование данному принципу не только позволяет ограничить предметную область, но может рассматриваться как средство целенаправленного формирования группы разнопрофильных экспертов и других стейкхолдеров ПС.

Принцип повышения объективности модельного представления о ПС благодаря включению в модель экспертных представлений, известных теоретических знаний и эмпирических данных.

Принцип приемлемого согласования представлений участников взаимодействия предполагает, что в процессе формализации согласование должно быть направлено на достижение двух целей: 1) достижение приемлемого интуитивного понимания и последовательного представления ПС участниками; 2) снижение отрицательного искажающего эффекта при преобразовании исходных представлений в формализованную модель ПС. Данный принцип конкретизируется через частные принципы. К их числу относятся *принцип* «*статусного знания*» и *принцип единой системы понятий*. Статусное знание – это знание, которое согласовано на каком-то этапе взаимодействия и требует определенной процедуры для его изменения с оповещением заинтересованных сторон. Принцип единой системы понятий предопределяет необходимость сформировать согласованную систему понятий, рабочий язык для общения внутри коллектива. В качестве методических средств согласования могут служить техники согласования понятий, и набор правил, в основе которых лежит семейство критериев качества карты [5]. К технологическим средствам согласования относятся построение онлайн-тезауруса и возможность визуализации многослойного представления индивидуальных КК, отражающих представления отдельных участников коммуникации, и коллективной КК, отражающей их обобщенное представление.

Принцип многослойности модельного представления в соответствии с идеей многослойности КК [6] предлагается каждую индивидуальную КК представлять в виде основного слоя, отражающего причинно-следственные влияния. Вспомогательный слой для всех карт образует общую категориальную карту, которая отражает отношения между понятиями, представляющими факторы во всех индивидуальных КК, с учетом таких понятийных аспектов, как синонимия, многозначность и т.п. Такой подход облегчит построение коллективной КК. При этом целесообразно обеспечить связь элементов категориальной карты с онлайн-тезаурусом.

Принцип децентрализации при получении обобщенного представления состоит в том, что обобщенное согласованное представление о ПС предпочтительнее формировать в виде коллективной КК на основе интеграции индивидуальных КК участников. Тематические исследования показали [4] продуктивность такой схемы согласования в контексте полноты представления о ПС.

Принцип контроля над правильностью формализации, реализуемый как отладка формализуемых представлений и информации, встроенная в процесс построения модели. Реализация принципа направлена на (1) улучшение качества обобщенной модели ситуации в части повышения ее объективности и работоспособности модели (применимости ее результатов при последующем принятии решений) и (2) сокращение стоимости усилий по коррекции. Данный принцип конкретизируется через следующие частные принципы. *Принцип разделения по сложности конструкций КК,* согласно которому облегчается локализация рискованных фрагментов КК при отладке строящейся модели. *Принцип поддержки* верификационной отладки на основе базового семейства критериев улучшения качества КК [5].

Принцип распределения ролевого участия в процессе групповой коммуникации с закреплением советующих функций и для участников – носителей знаний о ПС, и для «посредников» – модераторов, выступающих в роли носителей знаний о методологии построения и анализа КК и в роли носителей техник согласования представлений участников групповой коммуникации.

В соответствии с заявленным принципом повышения объективности модельного представления о ПС в виде КК предлагается подход к построению и обоснованию КК на основе сочетания экспертных представлений с информацией, выявляемой из разнородных информационных источников. Неструктурированный текстовый контент из аналитических интернет-порталов, СМИ, социальных сетей и т.п. может содержать уникальные данные, значимые для формирования обобщенного целостного представления о ПС. Однако без автоматической обработки и извлечения ключевых метаданных из неструктурированных текстов трудно увидеть общую картину. Современные МПАД обеспечивают выделение значимых сущностей, фактов и прослеживание их связей в текстовом потоке, выделение событий и участников, их высказываний с определением эмоциональной окраски и др. Также данные методы позволяют обеспечить вынесение отдельных слов в стоп-лист, отключение неинформативных в контексте конкретной ПС отдельных частей речи (существительных, глаголов, числительных и др.). Таким образом, современные возможности указанных МПАД можно использовать для построения обобщенного представления о ПС в сочетании с представлениями участников взаимодействия. В частности, в соответствии с принципом установления «границ» модели ПС возможен направленный поиск в информационном пространстве предметно-ориентированных понятий, составляющих базовую основу для определения ключевых факторов ПС (такой поиск организуется в контексте закрепленных целей виртуального сотрудничества и концептуальной модели ПС). Эти факторы приобретают статус «стартовых» для участников взаимодействия на начальной стадии – построения индивидуальных КК, которые в последствии предполагается интегрировать в коллективную КК. Применение МПАД также целесообразно для проверки и обоснования наличия связей между факторами КК в ходе согласования представлений участников взаимодействия, особенно, в случаях, когда такие связи не подтверждаются большинством участников, или не попали в их «поле зрения».

Таким образом, реализация потенциала моделей КК и МКАД в практику виртуального сотрудничества будет способствовать расширению функциональности СЦ в области экспертно-аналитической деятельности и группового принятия управленческих решений, в том числе в рамках распределенного взаимодействия на разных уровнях.

Литература

1. *COBIT 5:* A business framework for the governance and management of enterprise IT. ISACA, 2012.
2. *Sørensen E.* The metagovernance of public innovation in governance networks // Proc. of the Policy & Politics conference: The challenges of leadership and collaboration in the 21st Century. Bristol, 2014.
3. *Цветков В.А., Логинов Е.Л., Райков А.Н.* Комплексное повышение компетенции пользователей системы распределенных СЦ с использованием распределенной образовательной среды // Образовательные технологии и общество, 2016. – Т.19. – № 2. – С.500-510.
4. *Jetter A.J., Kok K.* Fuzzy cognitive maps for futures studies - a methodological assessment of concepts and methods // Futures, 2014. – Vol. 61. – pp. 45-57.
5. *Abramova N., Kovriga S.* The expert approach to verification at cognitive mapping of ill-structured situations // In: Proc. 18th IFAC World Congress. Milan: 2011, pp. 1997-2002
6. *Vo H.V., Poole M.S., Courtney J.F.* An empirical comparison of collective causal mapping approaches // In: Causal mapping for research in information technology / V.K. Narayanan, D.J. Armstrong (eds.). Idea Group Publishing, 2004. – pp. 142-173.

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ СТРАНЫ

Ерешко Ф.И., Меденников В.И.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д.44-2
fereshko@yandex.ru, dommed@mail.ru,

Богатырева Л.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
lbogat@mail.ru

Аннотация: в работе рассматривается математическая модель кластеризация цифровых платформ для управления экономикой страны. Дается оригинальное определение цифровой платформы для снятия неопределенности в связи с множественными трактовками данного понятия.

Ключевые слова: кластеризация, цифровая платформа, математическая модель.

Введение

Понятие цифровой платформы связано с появлением Программы цифровой экономики России, в которой ставится цель создания не менее 10 цифровых платформ (ЦП). Поскольку при этом не были четко определены понятия и критерии их формирования, то без такого понятийного аппарата началась широкая трактовка их, что ведет к запутыванию смысла цифровизации экономики. В научной литературе встречаются десятки определений, исходя из рода деятельности и достигнутых результатов субъектов, дающих собственную трактовку.

Суммируя все эти факты, можно констатировать, что под ЦП многие в стране понимают некую внешнюю площадку (платформу), обеспечивающую работу организаций в сфере новых форм платежей и коммуникаций с потребителями, но никак не новые формы управления и экономические отношения. Такая широкая трактовка этого понятия ведет к запутыванию смысла цифровизации экономики и несет большую угрозу достижению целей Программы цифровой экономики. Например, в сельском хозяйстве, опираясь на такое положение с определением, некоторые исследователи пишут о ЦП выращивания некоторой культуры в заданном регионе на конкретной геоинформационной системе. В таком случае их окажется около 5 млн. шт. [1]. Этот же принцип закладывается и в соответствующие предложения по ЦЭ АПК, что не способствует интеграции информационных ресурсов и информационных систем в единое целое.

1 Понятие цифровой платформы

Мы считаем, что научно-обоснованной подход к выполнению с наибольшей эффективностью Программы цифровой экономики возможен только при четком осмыслении понятия ЦП на основе системного анализа процесса формирования этих платформ и его формализации на основе математического моделирования. Не найдя в литературе формализованного описания формирования ЦП, дадим такое описание на основе опыта разработки автоматизированных систем управления предприятиями и организациями на разных уровнях управления в стране. Будем придерживаться следующего определения.

Цифровая платформа управления экономикой – совокупность упорядоченных цифровых данных на основе онтологического моделирования; математических алгоритмов, методов и моделей их обработки и программно-технических средств сбора, хранения, обработки и передачи данных и знаний, оптимально интегрированных в единую информационно-управляющую систему, предназначенную для управления целевой предметной областью с организацией рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов.

2 Модель формирования цифровых платформ

Под структурой системы управления будем понимать организационную совокупность ее взаимосвязанных элементов, определяющих их место как в чисто физическом, так и технологическом смысле.

Под проектированием структуры цифровых платформ понимается процесс построения взаимосвязей элементов структуры управления и самих элементов в соответствии с заданными критериями эффективности в целом.

Рассматривается система, состоящая из множества узлов управления j (например, федеральных и региональных министерств, ведомств, предприятий, их подразделений), множества задач K,

связанных с обработкой данных, размещаемых в дата-центрах, ситуационных центрах (СЦ), кластеров данных *L*, типов связи *R*. Процесс управления предполагается периодически с периодом *T*, и все операции расчетов, передачи данных и т.д. усреднены по времени. Будем считать, что любая задача может решаться в любом узле, в том числе разбиваться по этим узлам. Для решения задач используются некоторые обобщенные технические средства.

Математическая модель

k - номер задачи, $k \in K$; l - номер информационного элемента, $l \in L$; j - номер узла управления, $j \in J$; $f_{klj}^{\ e}$ - средние характеристики (объем информации; временные, частотные требования и т.д.) на информацию l - ого элемента, необходимого для задачи k , возникающий в узле j, $e \in E$; $x_{jk} = 1$, если *к*-я задача решается в узле *j*, 0 – иначе;

$\alpha_{klj} = 1$, если *l*-й элемент возникает в узле *j* для *k* -й задачи, 0 – иначе;

$y_{lj_1j_2r} = 1$, если *l*-й элемент передается из j_1 - го узла в j_2 - й посредством r-го средства связи;

d_{mjk} - необходимые ресурсы *m*-го типа для решения *k*-й задачи в *j*-м узле;

M_m - *m*-е ресурсы оборудования;

$s_{lj_1j_2r} = 1$, если *r*-й тип связи используется для передачи *l*-го элемента из j_1 - го узла в j_2 - й;

$G_r^{\ e}$ - характеристики средств связи; c_j^1 - стоимость единицы оборудования в *j*-м узле; $c_{j_1j_2r}^2$ - стоимость *r*-го средства связи при передаче информации из j_1 в j_2; $c_{j_1j_2r}^3$ - затраты на передачу единицы информации из j_1 в j_2; c_{mjk}^4 - стоимость m-го ресурса для решения *k*-й задачи в *j*-м узле; c_k^5 - обобщенная стоимость *k*-й задачи; c^0 - средства, выделенные на разработку ЦП;

Ограничения на размещение задач по узлам и техническим средствам:

(1) $\sum_j x_{jk} \geq 1, \quad k \in K^3 \in K,$ то есть k-я задача должна быть решена хотя бы в одном узле;

(2) $x_{jk} \geq 1, \quad j \in J_1, \quad k \in K^4 \in K$, т.е. некоторые задачи из множества K должны быть обязательно решены в некоторых узлах $j \in J_1$;

Условия передачи информации из узла j_1 в узел j_2:

(3) $\sum_r y_{lj_1j_2r} = \sum_k a_{klj_1} x_{j_2k}$, $j_1 \neq j_2$.

Информация передается из узла j_1 в узел j_2, когда она возникает в узле j_1 и используется в узле j_2 для задачи *k*;

(4) $\sum_r y_{lj_1j_2r} \leq 1,$ информация передается одним средством связи.

Ограничение на загрузку оборудования:

(5) $\sum_{jk} d_{mjk} x_{jk} \leq M_m$.

Ограничения на каналы связи:

(6) $\sum_{l,k} y_{lj_1j_2r} f_{klj_2}^{e} \leq G_r^e s_{j_1j_2r}$.

Финансовые ограничения на инвестиции:

(7) $\sum_{j,k} c_j^1 x_{jk} + \sum_{j_1,j_2,r} c_{j_1j_2r}^2 s_{j_1j_2r} + \sum_{j,k} c_k^5 x_{jk} \leq c^0$.

Критерий эффективности:

(8) $\sum_{j,k} c_j^1 x_{jk} + \sum_{j_1,j_2,r} c_{j_1j_2r}^2 s_{j_1j_2r} + \sum_{j_1,j_2,r} c_{j_1j_2r}^3 f_{klj_2}^{e} y_{lj_1j_2r} + \sum_{m,j,k} c_{mjk}^4 d_{mjk} x_{jk} + \sum c_k^5 x_{jk} \to \min$

Представленная в работе модель распределяет в пределах выделенных финансовых ресурсов информационные средства и решаемые задачи по узлам управления (дата-центрам, СЦ), определяет при

необходимости инвестиции в телекоммуникационные средства с оптимизацией информационных потоков. В сформированных группах информационных ресурсов возможна ситуация, когда отдельные информационные массивы, сгруппированные подобным образом, окажутся несвязанными или слабо связанными между собой, что не соответствует данному выше определению ЦП. Для дальнейшего определения ЦП воспользуемся кластерным анализом, применяемым для кластеризации предметных областей пользователей при проектировании баз данных, например [2]. При априори заданном количестве (кластеров) ЦП в [3] дан строгий математический алгоритм определения степени общности предметных областей пользователей на основе меры подобия, применяемой в теории автоматической классификации. Для классификации ЦП можно воспользоваться предлагаемой функцией подобия. В нашем же случае число кластеров неизвестно заранее. Тогда можно воспользоваться алгоритмами, приведенными в [4]. В последнее время в связи с появлением интернета огромным интересом стали пользоваться методы кластеризации текстовых документов. Один из популярных методов основан на теории графов кластеризации и построении минимального остовного дерева по алгоритму Краскала [5, 6].

Используя один из представленных методов, кластеризацию ЦП в каждом дата-центре можно провести на основании так называемой матрицы семантической смежности на полученных значениях $f_{klj}^{\ e}$ для конкретного дата-центра j_0. Элемент a_{in} (коэффициент сходства) матрицы семантической смежности $\|a_{in}\|$ представляет собой величину в диапазоне от 0 до 1, равную количеству пересечений элемента *i* с элементом *n* во всех решаемых задачах (можно учесть разные характеристики групп, например, частоту, объем, важность использования информации и т.д.), отнесенных к количеству элементов (количеству пересечений и т.д.). Если две группы обладают большим сходством, то они должны принадлежать одной ЦП, если их сходство равно нулю либо меньше некоторого порогового критического значения, то они должны быть в разных ЦП.

Одним из результатов кластеризации ЦП является научно обоснованный расчет потребности в необходимых специалистах для ЦЭ, который в правительственных кругах опирается на аналогичные западные данные и устаревшие технологии так называемого позадачного подхода без учета интеграции информационных ресурсов и информационных систем путем формирования стандартов на их представление, функции управления, как это предлагалось в проекте ОГАС [7]. Опишем основные группы специалистов в каждой конкретной ЦП (отрасли). Во-первых, это онтологи. Во-вторых, специалисты в области создания баз данных. В-третьих, специалисты в области разработки архитектуры больших информационных и информационно-управляющих систем. В-четвертых, программисты, умеющие разрабатывать большие информационные и информационно-управляющие системы с различными режимами обработки информации. В-пятых, специалисты в области информационной безопасности. И, конечно, самая большая группа – специалисты по внедрению и сопровождению ИС и ИУС. Каждая из указанных групп состоит из различных отраслевых и специфических подгрупп, количество исполнителей в которых зависит от количества задач в ЦП.

Литература

1. *Ерешко Ф.И., Кульба В.В., Меденников В.И.* Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей //АПК: экономика, управление, 2018, № 10. – С. 34-46.
2. *Дж. Мартин.* Планирование развития автоматизированных систем. М.: Финансы и статистика, 1984.
3. *Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В., Платонов В.Н.* Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. М.: Наука, 2006.
4. *Afifi A. H., Clark V.* Computer Aided Multivariate Analysis. London: Chapman & Hall, 1996. – P. 412.
5. *Белоусов А. И., Ткачев С. Б.* Дискретная математика. — М.: МГТУ, 2006. – P. 744.
6. *Joseph. B. Kruskal.* On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem. // Proc. AMS. 1956. Vol 7, No. 1. – P. 48-50.
7. *Меденников В.И.* Единое информационное Интернет-пространство АПК на основе идей А.И. Китова и В.М. Глушкова об ОГАС. // Цифровая экономика, 2018, №1. – С. 38-49.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РОССИИ

Зацаринный А.А.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
ул. Вавилова, 44\2, г. Москва, Россия
Alex250451@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые проблемные вопросы стратегического целеполагания в условиях реализации крупномасштабной программы цифровой экономики. К числу ключевых отнесены проблемы формирования системного подхода к стратегическому целеполаганию в рамках цифровой трансформации общества, научной обоснованности принимаемых решений и роль руководителей на всех уровнях принятия решений.

Ключевые слова: целеполагание, цифровая экономика, цикл управления, руководитель, ситуационный центр развития.

Введение

В майском Указе Президента РФ [1] поставлена задача вхождения страны в число пяти крупнейших экономик мира. Определены пути успешного решения этой задачи: повышение качества управленческих решений на всех уровнях государственного управления в условиях нарастающих крупномасштабных угроз национальной безопасности России. Для этого необходимо резко поднять эффективность и действенность стратегического целеполагания и планирования, а также ситуационного анализа процессов координации и контроля исполнения поставленных стратегических планов на всех уровнях [2]. Справедливо считается, что цифровая экономика – последний шанс не отстать от мирового развития [3].

В статье рассматриваются три группы ключевых проблем: отсутствие системного подхода к целевому планированию в рамках цифровой трансформации общества, научная обоснованность принимаемых решений и роль руководителей на всех уровнях принятия решений.

1 Системный подход к целевому планированию

В Стратегии научно-технологического развития России определены семь приоритетов, реализация которых должна позволит получить научные и научно-технические результаты и создать технологии как основы инновационного развития. Первым приоритетом при этом определены цифровые технологии, включая большие данные, машинное обучение и искусственный интеллект.

Одна из ключевых проблем - отсутствие системного подхода к целевому планированию: пять базовых направлений в Программе цифровой экономики выглядят обособленно и не увязано. Суть в том, что в их составе обязательно должно быть еще одно под условным названием «Система Цифровая экономика (СЦЭ)» [4]. В рамках этого направления должны быть определены основные организационные, методологические и системотехнические решения по такой системе, которые стали бы задающими для всех остальных базовых направлений и позволили конкретизировать деятельность по подготовке комплекса нормативных документов, определяющих развитие цифровой экономики, по обучению и подготовке необходимых кадров, по созданию инфраструктуры и обеспечению информационной безопасности. На отсутствие системности указывает и тот факт, что в рамках национального проекта «Цифровая экономика» в конце 2018 года была принята, по существу, новая программа. Так, перечень сквозных технологий в ней уже не приводится, но в рамках федерального проекта «Цифровые технологии» (в составе национального проекта) разработаны проекты дорожных карт по всем девяти сквозным технологиям.

Еще один аспект: с принятием курса на цифровую экономику наметилась тенденция смешения понятий «цифровая экономика» и «экономика». Цифровая экономика – это возможность создания цифровых моделей реального мира экономики. Цифровая экономика предполагает решение трех взаимоувязанных задач [4]: создать единый реестр ресурсов (материалы, техника, интеллектуальные, человеческие, инфраструктурные и другие), создать и внедрить технологии учета всех изменений этих ресурсов и обеспечить заполнение единого реестра ресурсов актуальными, достоверными и объективными исходными данными. Такой подход обеспечит эффективность управленческих решений в цифровой экономике на всех уровнях прежде всего за счет минимизации влияния человеческого фактора и сокращения числа уровней в иерархии системы управления. Другими словами, цифровая экономика – это некая технологическая надстройка для повышения уровня управляемости реальной экономикой как совокупности конкретных активов. И поэтому задачи цифровой экономики и задачи развития различных отраслей реальной экономики должны быть

системно взаимоувязаны, однако они существенно отличаются. Успешная реализация программы цифровой экономики будет иметь нулевой эффект без кардинальных шагов по развитию конкретных отраслей экономики; и, наоборот, развитие экономики не даст ощутимых результатов без внедрения цифровых технологий.

2 Научная обоснованность

Многие проблемы, связанные с инерционностью процессов реализации программы цифровой экономики, обусловлены слабой научной обоснованностью принимаемых решений. Так, в первой редакции Плана мероприятий среди ответственных ФОИВ и организаций, определяемых Постановлением Правительства РФ «О системе управления реализацией программы «Цифровая экономика Российской Федерации», не было ни одной научной организации. Вместе с тем, именно ведущие научные организации, имеющие научно-практические заделы в рамках фундаментальных исследований, а также научно-практический опыт в создании больших информационно-управляющих систем могли бы выступить в качестве ведущих исполнителей по обоснованию методологических и системотехнических решений программы цифровой экономики как методической базы для выполнения работ по обозначенным пяти базовым направлениям. Научные организации практически не привлекались к формированию нормативных документов по цифровой экономике. Аналогичной выглядит и ситуация с дорожными картами по сквозным цифровым технологиям.

Вместе с тем, наука является одной из отраслей реальной экономики и в течение последних лет объективно, упреждающими темпами, становится «цифровой» [4,5]. Здесь следует упомянуть и новую парадигму в научных исследованиях, основанную на накопленных больших объемов данных, и активно создаваемые исследовательские инфраструктуры, и формирование цифровых компетенций, и интенсивное развитие технологий искусственного интеллекта. И все это независимо от принятой программы цифровой экономики. Наряду с этим в стране интенсивно формируется институциональная цифровая среда (цифровые корпорации, цифровые университеты, цифровое общество, цифровая медицина, цифровой спорт, цифровая культура и т.д.).

Научные организации РАН, а также ведущие образовательные учреждения, являются носителями самых современных компетенций в спектре развития новых технологий и поэтому объективно должны стать главными движущими силами развития цифровой экономики. Возникает необходимость постановки соответствующих задач и проведения взаимоувязанных фундаментальных междисциплинарных исследований в области информатики на основе математических, информационных, логических, психологических, лингвистических и биологических принципов. Эти исследования должны носить опережающий характер и быть направлены на разработку и развитие методов формирования высокоинтеллектуальных цифровых платформ, технологий накопления знаний и повышения уровня компетенции интеллектуальных систем, методов и технологий искусственного интеллекта, а также методов целеполагания при выборе в интеллектуальных системах новых целей поведения. Такой подход требует концентрации ресурсов на получении новых конкретных научных результатов.

Одновременно необходимо поддержать научные подразделения на предприятиях промышленности, которые по большей части деградировали. В этой связи требуется пересмотр структуры расходов на создание изделий в направлении увеличения доли затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, прежде всего комплексного и технологического характера. Сложившиеся в последние годы соотношения, ориентированные преимущественно на закупки готовых изделий и компонентов, негативно сказались на развитии научно-исследовательского сектора в промышленности.

Таким образом, успешное решение всего комплекса задач по программе цифровой экономики возможно при активном участии научных организаций, образовательных учреждений и профильных ведомственных научно-исследовательских институтов. Научные организации могут сделать весомый вклад в рамках фундаментальных научных исследований, участия в создании исследовательской инфраструктуры, прикладных исследований в области сквозных информационных технологий, а также участия в проектах в части обоснования системотехнических и методологических вопросов.

3 Роль руководителя в целеполагании

Решение обозначенных выше проблем неизбежно связано с субъективным фактором, а именно с лицом, принимающим решение, - Руководителем. Из истории известно, как многие важнейшие решения принимались без учета всей совокупности накопленных объективных факторов, или как решения не принимались из-за отсутствия объективных условия для их реализации, или как

принимались попросту волюнтаристски без какого-либо внятного обоснования, системный подход и научные рекомендации оставались в стороне.

Готовы ли современные руководители к цифровой трансформации? Нужны ли им информационные системы для принятия управленческих решений: ситуационные центры, базы данных, аналитические технологии? А если эти системы в защищенном исполнении с разграничением доступа, с жестким администрированием и документированием всех процессов? Очевидно, что многим нынешним руководителям такие системы не нужны и они будут препятствовать их внедрению и применению.

А каким должен быть современный руководитель, способный принимать своевременные управленческие решения? Представляется, что современный Руководитель - профессионал, организатор (или, как говорят, топ-менеджер) и человек (об этом часто забывают). Как профессионал, он должен иметь профильное базовое образование, опыт работы по данному направлению и квалификацию в рамках конкретной специализации. Как организатор - уметь выстраивать отношения «по вертикали» (с подчиненными коллективами и с вышестоящим руководством) и «по горизонтали» - с другими взаимодействующими организациями. Наконец, Руководитель должен работать не только на административном уровне, но и неформально: знать лично многих подчиненных, их способности, профессиональные и человеческие качества.

В основе любого управленческого решения должны лежать три группы факторов: система целей, необходимые ресурсы и реальные условия для достижения целей, включая угрозы[6,8]. Поэтому руководитель должен уметь выполнять сложный анализ ситуации с учетом всех влияющих факторов, сформировать набор возможных вариантов управленческого решения, осуществить выбор одного из них, организовать его выполнение и обеспечить контроль исполнения. Ключевая фаза в этой цепочке – выбор одного решения из множества возможных, которое может быть наилучшим или рациональным, но, главное, таким, которое не приведет к снижению исходных целевых показателей.

Ключевой момент: решение должно быть нацелено на реализацию конкретной цели в рамках принятой системы целеполагания. Неопределенность цели – самая худшая из всех возможных неопределенностей. Поэтому при сиюминутном анализе в условиях дефицита времени и ресурсов возможны только приблизительные оценки наиболее очевидных альтернатив, которые могут уточнить только время и опыт, дополнительные факты. При этом для принятия решения руководитель должен быть «вооружен» группой высококвалифицированных экспертов-аналитиков и информационно-аналитической системой, в качестве которой выступает ситуационный центр как совокупность информационных, программных и аппаратных средств, реализующих информационные технологии по мониторингу обстановки, ее ситуационному анализу для выработки решений и алгоритмов применения управляющих воздействий, доведения их до объектов управления и контроля исполнения, а также обслуживающего персонала [7].

В современном представлении Руководитель должен иметь ситуационный центр развития (СЦР) с актуальными предметно ориентированными базами знаний, нормативно-правовой базой, накопленной базой сценариев управленческих решений и апробированной базой математических моделей для оценки событий и ситуаций. Такой СЦР должен стать эффективным инструментарием Руководителя.

Литература

1. Указ Президента РФ [1] от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»

2. *Лепский В.Е.* Стратегическое целеполагание в России: состояние и перспективы развития // Труды Вольного экономического общества России. Том 215. № 1. 2019. С. 66-80.

3.Доклад С.Д. Бодрунова. Вольная экономика, октябрь-декабрь 2018

4. *Зацаринный А.А., Киселев Э.В., Козлов С.В., Колин К.К.* Информационное пространство цифровой экономики России. Концептуальные основы и проблемы формирования. – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. - 236 с.

5. *Зацаринный А.А.* Научно-практические аспекты представления науки как отрасли цифровой экономики// Радиолокация, навигация, связь: Сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции (17-19 апреля 2018 г.). Том 1. – Воронеж: ООО «Вэлберн», 2018, с. 140-149.

6. *Зацаринный А.А., Шабанов А.П.* Технология информационной поддержки деятельности организационных систем на основе ситуационных центров. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2015. – 232 с.

7. *Зацаринный А.А., Сучков А.П.* Системы ситуационных центров специального назначения. Основные определения, понятия и подходы к созданию// Межотраслевая информационная служба, 2015. № 4, с. 31-41.

8. *Сучков А.П.* Формирование системы целей для ситуационного управления, // Системы и средства информатики, 2013, т. 23, № 2, с. 171-182.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СЛОЖНОЙ СЕТИ ПОКАЗАТЕЛЯМ КОРПОРАТИВНОЙ ПОЛИТИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Козлов А.Д., Нога Н.Л.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
alkozlov@ipu.ru, noga@ipu.ru

Аннотация. Предложены методы оценки степени соответствия подразделений сложной распределенной корпоративной информационной системы ряду показателей информационной безопасности. В результате реализации методов дается сравнительная оценка степени удовлетворения требованиям корпоративной политики информационной безопасности каждого из подразделений с целью дальнейшего принятия решений руководством корпорации относительно мер по минимизации рисков в результате возможного осуществления угроз информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, критерии, ранжирование значений показателей, сравнительная оценка, отношение Парето, максиминная и минимаксная процедуры, счета Борда, расстояние Хэмминга.

Введение

В последнее время одной из важнейших задач организаций, в силу развития цифровизации экономики, является защита информационных ресурсов. Основные требования по обеспечению безопасности этих ресурсов обычно формулируются в документах по корпоративной политике информационной безопасности.

В этом документе в соответствии с принятыми стандартами прописываются правила по сбору, хранению, обработке и доступу к информации, как сотрудников, так и внешних пользователей. Определяется их ответственность на всех этапах прохождения информации. А также, задаются характеристики обрабатываемой информации, формулируются различные организационные, технологические и технические требования к обеспечению информационной безопасности.

Для обеспечения защиты информационных ресурсов компания должна осуществлять постоянный мониторинг состояния информационной безопасности, фиксировать любые неправомерные попытки нарушения доступности, целостности, конфиденциальности информации. По результатам мониторинга и анализа уязвимостей и фактов нарушения, служба безопасности компании должна предлагать руководству компании решения по минимизации возможного ущерба от возникающих угроз информационной безопасности.

Для организаций (корпораций), имеющих территориально-распределенную структуру задача принятия управленческих решений существенно усложняется, так как одновременно охватить все подразделения невозможно. Поэтому важно выявить наиболее критичные подразделения. Сделать это помогает их ранжирование. В работе авторов [1] рассматривался метод ранжирования подразделений, но не было дано сравнительной оценки полученных результатов с другими методами.

В настоящем докладе авторы предлагают рассмотреть методы ранжирования и сравнительной оценки подразделений по ряду важных показателей, утвержденных корпоративной политикой информационной безопасности. В результате реализации таких методов будет обеспечена сравнительная оценка степени удовлетворения требованиям информационной безопасности каждого из подразделений и найдены наиболее критичные из них для дальнейшего моделирования разнообразных управленческих ситуаций, генерации на этой основе решений по реализации мер по защите информационных ресурсов корпорации.

Постановка задачи

Вышеуказанные показатели будем в дальнейшем рассматривать как некоторые критерии, принимающие значения из определенных интервалов, стандартные границы которых определяются как в международных стандартах, так и в различных методических и нормативных документах организации. Каждому подразделению корпорации поставим в соответствие некоторый ранг r, в зависимости от значений этих критериев, и выстроим все ранги, например, по возрастанию. Будем считать, что чем выше ранг, тем выше степень удовлетворения требованиям информационной безопасности.

Пусть B – множество рассматриваемых подразделений, куда входят подразделения, обозначенные как $x, y, z,...$; I – количество рассматриваемых показателей, K_i – i-й показатель, $i = 1,\ldots,I$; $r_j = r_j(K_1, K_2, ..., K_I)$ – ранг j-го подразделения, $j = 1, \ldots, N$, где N - количество рассматриваемых

подразделений. В предположении, чем больше значение ранга, тем лучше обстоят дела с обеспечением информационной безопасности подразделения, необходимо отсортировать ранги по возрастанию.

Предположим, что мы оцениваем подразделение *x* по *i* показателям, то есть:

$$K_1(x), K_2(x), ..., K_i(x).$$

Далее проведем реализацию методики на примере из [1] (рассматривается одна из корпораций с разветвленной сетью подразделений в качестве примера) оценки 10 подразделений по 3 критериям (показателям), которые указывают степень удовлетворения требованиям информационной безопасности подразделения по каждому показателю. Для оценки выбираются следующие показатели: F – частота появления неправомерных запросов, поступивших из j-го подразделения по отношению к общему числу запросов от этого подразделения; S – частота предотвращенных инцидентов безопасности в j-м подразделении по отношению к общему числу выявленных инцидентов в данном подразделении; D – относительное количество пользователей в j-м подразделении, выполняющих требования политики безопасности по смене пользовательских паролей.

Далее предлагаются к рассмотрению несколько достаточно простых методов ранжирования подразделений, результаты сравниваются с целью выбора наиболее оптимального метода, используя расстояние Хэмминга [2]. Первые два метода основаны на игровых матрицах: метод максиминной процедуры и максимизации выигрышей, метод минимаксной процедуры и минимизации выигрышей. Третий метод основан на методе счетов Борда, четвертый - на методе усреднения счетов Борда [3].

Заключение

Задача оценки степени удовлетворения требованиям информационной безопасности каждого из подразделений территориально-распределенной организации со сложной структурой - необходимая, хотя и достаточно трудная задача, с которой приходится иметь дело службе информационной безопасности организации. В данной ситуации можно пойти разными путями. Один из путей – это предложить службе информационной безопасности определить целевую функцию по большому набору переменных, связанных с угрозами, уязвимостями и ущербом, чтобы иметь возможность управлять оказанием различных информационных услуг в зависимости от множества как экономических, так и организационных условий. При этом сотрудники этой службы должны обладать незаурядными способностями по обработке такой информации. Другой путь предложен в данном докладе. Он значительно уменьшает информационные требования к сотрудникам службы информационной безопасности организации, предлагая этой службе сформировать функцию выбора, основанную на предлагаемых выше методах ранжирования. В зависимости от задачи, поставленной руководством, например, ввести наказание за допущенные ошибки в процессе обеспечения информационной безопасности подразделений, рекомендуется использовать тот или иной метод. Как только службой информационной безопасности организации произведена оценка состояния информационной безопасности в подразделениях, можно принимать соответствующие решения, одобренные руководством организации.

Необходимо отметить, что предложенные методы можно применять к любой сложной сетевой структуре, как государственных органов, так и частных корпораций, что позволяет учитывать региональные особенности подразделений (количество и квалификацию сотрудников в подразделении, удаленность и т.п.).

Литература

1. Козлов А.Д., Нога Н.Л. Методика ранжирования подразделений распределенной корпоративной системы по степени соответствия политике информационной безопасности / Труды XIII всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ-2019). М.: ИПУ РАН, 2019. (в печати)

2. Alex X. Liu, Ke Shen, Eric Torng. Large Scale Hamming Distance Query Processing. ICDE Conference, - P.553 — 564, 2011.

3. Быстров О.Ф., Поздняков В.Я., Прудников В.М., Перцов В.В., Казаков С.В. Управление инвестиционной деятельностью в регионах Российской Федерации. - М.: ИНФРА-М, 2008. – 358с.

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА

Курчеева Г.И.

Новосибирский государственный технический университет
пр. К. Маркса, 20, г. Новосибирск, Россия,
kurcheeva@yandex.ru

Клочков Г.А.

Новосибирский государственный университет экономики и управления
Каменская 52/1, г. Новосибирск, Россия,
klgeorge@yandex.ru

Аннотация: Актуальность работы обусловлена поиском инструментов получения аналитической информации для оценки качества жизни населения цифрового города. Авторы предлагают использовать ряд существующих порталов и информационных систем в качестве источников такой информации. Показатели развития цифрового города являются необходимым компонентом управления в эпоху цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая экономика, умный город, показатели качество жизни, источники данных.

Введение

Приоритетными направлениями в развитии цифровой экономики в России относятся разработка инструментов, позволяющих обеспечить равный доступ к информации всех граждан страны. Проблемы, связанные с улучшением качества жизни населения, и факторы, определяющие динамику этих показателей, становятся очень важными на современном этапе развития общества.

Несмотря на ограничения, связанные с внешнеэкономической ситуацией, государственная политика в России направлена на ускорение развития информационных и цифровых технологий, от которых во многом зависит политическая и экономическая стабильность в обществе. Идея умного города заключается в особой направленности на человека, которая основывается на инфраструктуре информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и постоянном развитии города.

Аналогично тому, как ключевая предпосылка возникновения цифровой экономики – это цифровое управление, переход от «умного города» к «цифровому» основывается на достижении качественно нового уровня управленческих технологий. Во многом «цифровой город» – это не реальный объект, а «горизонт», идеал развития городского общества, движение к которому призвано, в частности, обеспечить повышение качества жизни его граждан за счёт органичного повседневного использования ИКТ, технологий искусственного интеллекта и больших данных [1].

1 Подходы к оценке и систематизации информационных порталов как инструментов мониторинга цифровой экономики

Направленность развития общества связана с научной проблемой формирования подсистем «умного города», а методология развития «умного города» выделена как одно из направлений цифровой экономики. Полагаем, что для мониторинга и оценки показателей качества жизни и компонентов «умного города» следует разработать и применить программные системы, позволяющие обеспечить прямой информационный обмен и содержащие значительные объемы накопленных данных. В качестве источника данных для таких систем может выступать онлайн-среда (интернет), причём сбор и обработка информации должны быть автоматизированы.

Необходимо отметить, что в России не сформирован комплексный подход к разработке новых показателей качества жизни для подсистем или компонентов «цифрового города». В конечном итоге это не позволяет осуществлять мониторинг развития цифровой экономики, то есть измерение основных показателей, характеристик этих показателей и факторов эффективного использования информационных порталов по видам деятельности, моделям бизнеса, по городам, регионам и стране в целом [2].

Существующая система статистической отчетности и статистического наблюдения в России достаточно консервативна, поскольку не имеет механизмов гибкого реагирования на происходящие изменения в экономике страны и ее социально-экономическом развитии. В результате она не учитывает изменения, достаточно существенные в государственном и муниципальном управлении, здравоохранении, медицине, образовании, науке, культуры и организации досуга и других услуг.

Для мониторинга показателей качества жизни населения необходима регулярная достоверная информация, содержащая данные об оказываемых услугам по всем направлениям или компонентам «цифрового города». Одним из важных источников данных по развитию цифрового города и показателям качества жизни могут служить информационные порталы. Эта информация позволит органам управления всех уровней власти функционировать более эффективно, а гражданам – участвовать в принятии социально значимых решений, что в результате способствует росту удовлетворения потребностей населения, а, следовательно, и улучшению показателей качества жизни.

2 Анализ и оценка информационных порталов как источников данных по развитию цифрового города

Мониторинг показателей качества жизни населения позволит оперативно оценивать результативность и эффективность развития всех подсистем «цифрового города и, что не менее важно, обеспечить равномерность развития и распределения инвестиций [3].

Сегодня официальные государственные источники поставляют большую часть существующих показателей. В основном это показатели, которые отражают существующий уровень различных аспектов жизнедеятельности людей, не касающихся информационных ресурсов. Эти показатели можно определить с помощью информации предоставленной в открытом виде на сайтах различных ведомств: www.roskazna.ru, минобрнауки.рф, www.rosminzdrav.ru.

Несмотря на положительные стороны цифровизации сфер жизнедеятельности, возникает огромная проблема обработки и поиска информации во всей сети. Существует несколько способов поиска различных данных в сети Интернет:

- непосредственный поиск с использованием гипертекстовых ссылок;
- использование поисковых машин;
- использование технологии Text mining;
- поиск с применением специальных средств.

Более удобным способом сбора информации из открытых интернет-источников является автоматизированный сбор информации посредством каких-либо программных средств. Данный метод также имеет некие трудности при его реализации, так как разные источники часто представляют необходимую информацию по-разному, так что перед началом использования полученных данных, требуется выполнять процедуры, обеспечивающие их унификацию.

Для качественного и рационального внедрения концепции «Умного города», была составлена система показателей качества городских услуг и качества жизни, в равной степени оценивающей каждую сферу управления городом, как с точки зрения направлений развития, так и традиционных показателей. В результате получена система, позволяющая привести в соответствие направления развития цифрового города и показатели качества жизни населения (рис. 1).

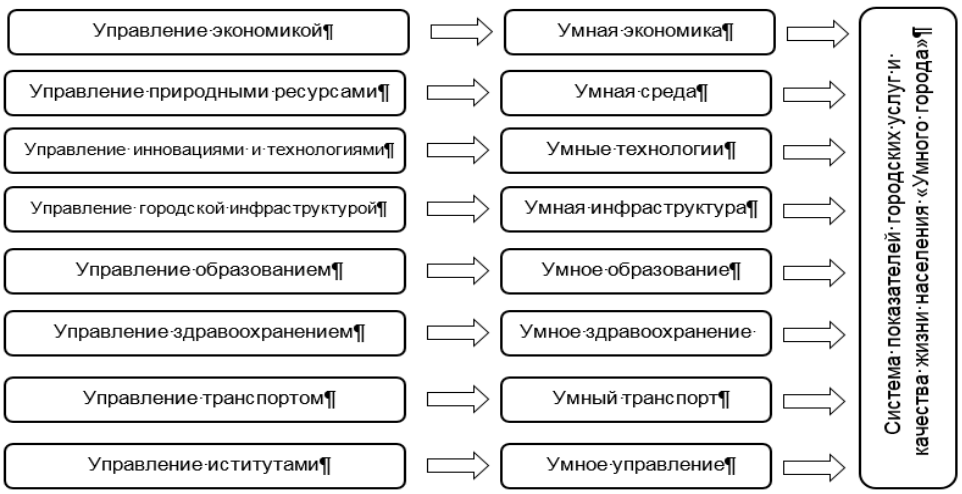


Рис. 1. Система показателей городских услуг и качества жизни

Одна из основных проблем, которая встречается при создании подобной системы, это необходимость разрабатывать показатели, которые до этого момента не использовались для ведения

какой-либо статистики. Например, методика сбора и обработки показателей для определения степени развития сферы «Умный транспорт» после внедрения информационной подсистемы обработки неофициальной информации представлена на рис. 2.

Другая проблема, которая встречается при работе с новыми показателями – это отсутствие открытых информационных ресурсов, из которых можно было бы определить значение данного показателя.

Для оценки значений показателей качества жизни на основе данных неофициальных информационных ресурсов, авторы предприняли попытку разработать информационную систему, которая производит сбор контента (текста) из новостных сайтов с сохранением статей в базе данных.

Данную информационную систему мы предлагаем использовать для оценки показателей, входящих в разработанную систему показателей качества жизни и городских услуг. Таким образом, появляется возможность оценить источники данных, необходимые для обработки неофициальной информации с автоматизацией сбора статей из новостных сайтов для применения в формировании системы показателей качества жизни и городских услуг для концепции «умного города».

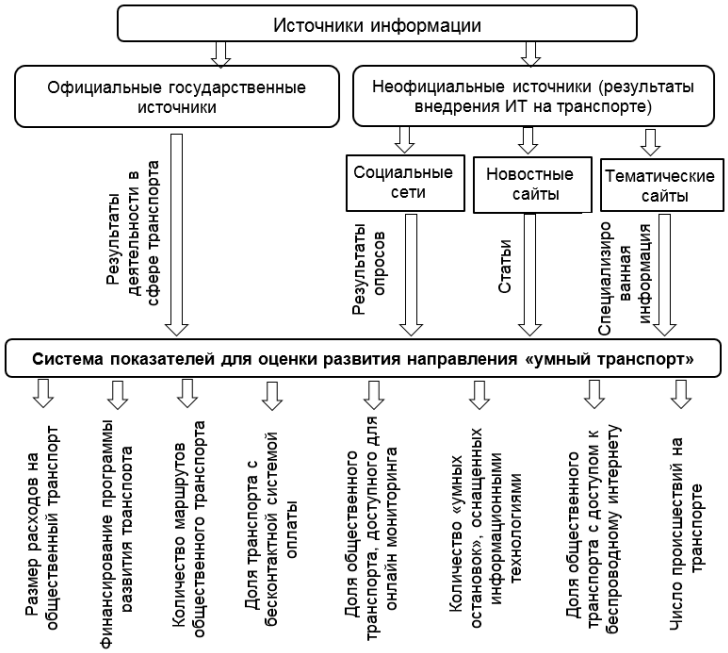


Рис. 2. Источники информации для оценки развития направления «умный транспорт»

Заключение

В ходе исследования выявлено отсутствие единой базы официальной информации о цифровой экономике, в которой был бы представлен весь набор доступных показателей, рассчитанных с учетом международных и национальных стандартов. Проанализированы возможные источники информации, причем как официальные, предназначенные для сбора и обработки статистической информации, так и получаемые от различных информационных платформ и сайтов.

Анализ и оценка сайтов организаций некоммерческой направленности позволяет выбрать технологии и способы сбора онлайн-данных и определить основные области применения программных продуктов, использующих данные методы.

Литература

1. *Kurcheeva G.I., Klochkov G.A.* 2018 Features and Principles of the Formation of ‘Smart City’. IEEE Eleventh International Conference on Management of Large-Scale Systems Development (MLSD’2018) (Moscow: Institute of Control Sciences RAS) URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8551905.

2. *Курчеева Г.И., Алетдинова А.А.* Совершенствование бизнес-процессов на основе информационной модели «умный город» /В книге: Цифровая экономика и «Индустрия 4.0»: проблемы и перспективы / Труды научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2017. – С. 69-73.

3. Цифровые дивиденды. Доклад о мировом развитии, 2016 / Один из основных докладов Группы Всемирного Банка // URL: https://openknowledge.worldbank.org (дата обращения 01.06.2019).

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СУБЪЕКТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Лосева О.В., Абдикеев Н.М.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 49
ovloseva@fa.ru, NAbdikeev@fa.ru

Аннотация: Авторы разрабатывают структуру интеллектуального капитала социально-экономического субъекта (работника, организации, региона) с позиций человеко-ориентированного подхода, учитывающего особенности цифровой экономики, ее требования к качеству человеческих ресурсов, и опираясь на выделенные составляющие человеческого интеллекта: физиологическую, психологическую и социально-культурную. Природная (интеллектуальный потенциал) и искусственная (результаты интеллектуальной деятельности) части интеллектуального капитала, определенные авторами, могут быть положены в основу разработки системы его оценки.

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, интеллект, структура, цифровая экономика

Введение

Цифровизация экономики предъявляет новые требования к управлению социально-экономическими субъектами (работником, организацией, регионом) и требует от руководства, прежде всего, эффективного управления интеллектуальной деятельностью, поскольку именно она создает интеллектуальный капитал, который дает возрастающий доход и дополнительные конкурентные преимущества в условиях борьбы за технологическое лидерство [1]. В этой связи актуальным является поиск новых подходов к формированию структуры интеллектуального капитала, опирающейся на компетенции интеллектуальной деятельности человека и отвечающей реалиям цифровой экономики.

Концептуальный подход к формированию структуры интеллектуального капитала (далее – ИК) во многом определяется качественными особенностями цифровой экономики. Во-первых, происходит существенное опережение темпов и масштабов информатизации и цифровизации по сравнению со скоростью изменения компетенций человеческих ресурсов. Из этого вытекает вторая особенность – необходимость непрерывного обучения и переобучения работников в течение всей жизни. Структура интеллектуального капитала на индивидуальном уровне должна позволять работнику овладеть необходимыми новыми знаниями в любом возрасте и обеспечить эффективное раскрытие его интеллектуального потенциала. Из этого следует, что в своей основе структура интеллектуального капитала должна опираться на составные элементы интеллекта человека. Третья черта цифровой экономики, основанной на инновациях, больших объемах данных и базах знаний, - рост наукоемкости производства и рынка интеллектуальных продуктов и услуг, что обуславливает доминирование работников, занятых в инновационном производстве, передаче и использовании новой информации и знаний. На первый план в этих условиях выходит креативная составляющая интеллекта, обеспечивающая эффективность инновационной деятельности. Четвертая особенность цифровой экономики связана с усилением межстрановой конкуренции в сфере высокотехнологичных производств, для которых характерна ускоренная замена товаров и услуг и сокращение жизненного цикла инноваций. Главным фактором обеспечения конкурентоспособности становится эффективное управление интеллектуальным капиталом, что требует не просто знания его структурных элементов, но и понимания их взаимодействия на индивидуальном, микро- и мезо - уровнях.

Выявленные особенности цифровой экономики обусловили необходимость применения человеко-ориентированного подхода для формирования структуры интеллектуального капитала, что позволит учесть внутренние потребности развития организации, региона и самого работника в условиях цифровизации всех сфер жизни общества и разработать соответствующие научные концепции оценки и управления ИК.

1 Структура интеллектуального капитала работника и организации

Интеллектуальный капитал с точки зрения человеко-ориентированного подхода представляет собой взаимосвязанное единство интеллекта (интеллектуального потенциала) и результатов интеллектуальной деятельности, которые обеспечивают работнику, организации, региону определенное социально-экономическое благо (конкурентные преимущества, доход и пр.).

В меньшей степени управляющим воздействиям подвержена так называемая природная составляющая ИК – интеллект, а в большей степени – результаты интеллектуальной деятельности,

которые относятся к искусственной составляющей ИК и приносят субъекту некое благо, пользу. Первичной, безусловно, является природная составляющая ИК. На уровне работника в ее основе находятся генетические задатки, способности, нейрофизиологические особенности. Однако они не являются раз и навсегда заданными константами. Природная составляющая, имеющая сложную компоновку физиологического (F), психологического (P) и социально-экономического содержания (SE), может развиваться и совершенствоваться работником с использованием специальных методик и тренингов [2].

На рис. 1 представлена структура интеллектуального капитала человека в виде пирамиды, где каждая следующая ступенька опирается на нижерасположенную. Чем выше ступень – тем в большей степени структурная составляющая интеллекта поддается управляющим воздействиям.

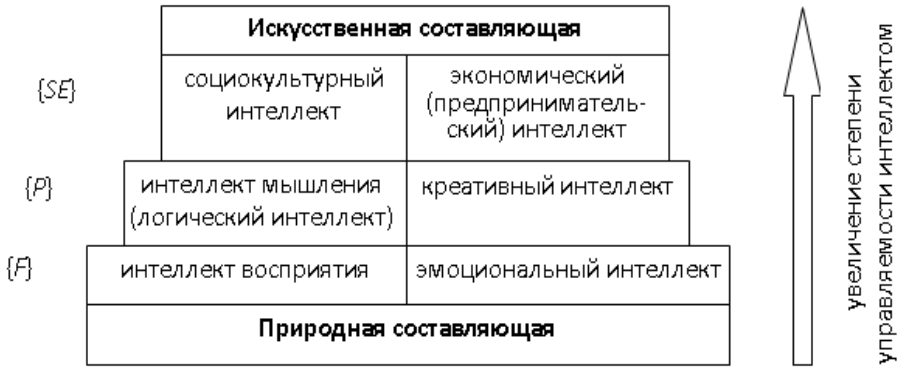


Рис.1. Структура интеллектуального капитала человека

В организации, являющейся социально-экономической системой, физиологическая составляющая (F) трансформируется в организационно-физиологическую (OF), психологическая (P) – в социально-психологическую (SP), а социально-экономическая (SE) – в производственно-экономическую (PE).

Организационно-физиологическая составляющая (OF) будет обеспечиваться оргструктурой системы управления организацией и формировать так называемую природную основу интеллекта организации. Социально-психологическая составляющая (SP) сформирует психологический климат в коллективе и принципы взаимодействия организации с внешней средой (клиентами, поставщиками, кредиторами и т.п.). Производственно-экономическое (PE) содержание интеллекта обусловит хозяйственную деятельность организации, наукоемкость его производственных процессов, инновационную и предпринимательскую активность. Данные составляющие могут быть конкретизированы в структурных единицах, представленных на рис. 2.

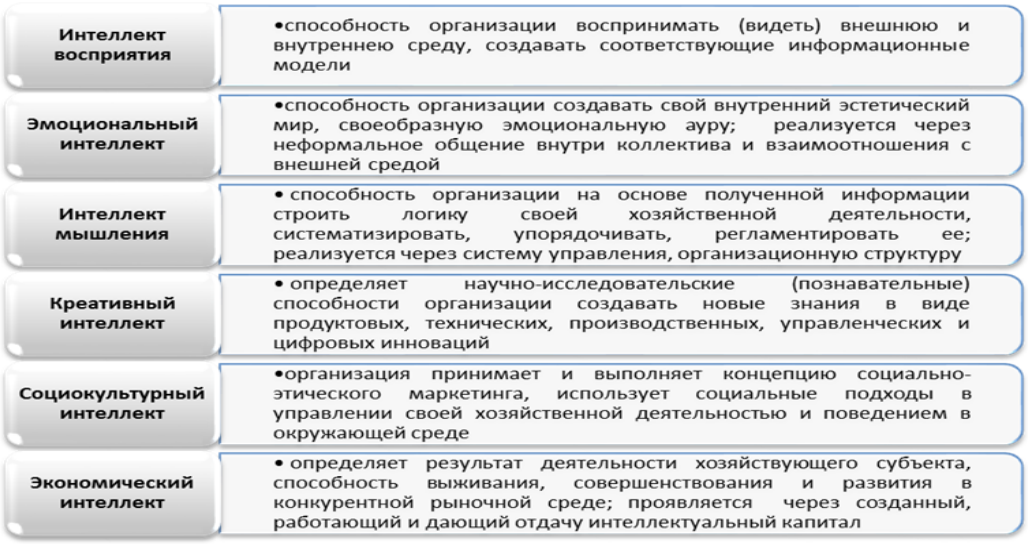


Рис. 2. Структура интеллектуального капитала организации

2 Структура интеллектуального капитала региона

Основополагающим элементом интеллектуального капитала региона является так называемое интеллектуальное ядро, представляющее собой совокупность организаций, занимающих существенную долю в валовом региональном продукте, а также образующих производственно-научные кластеры, специфика которых определяется сложившимися особенностями региона [3,4].

Организации функционируют в культурно-образовательной и научно-исследовательской среде региона. Успешность их инновационной деятельности обеспечивается наличием и качеством созданной в регионе соответствующей инфраструктуры инноваций и предпринимательства (рис. 3).

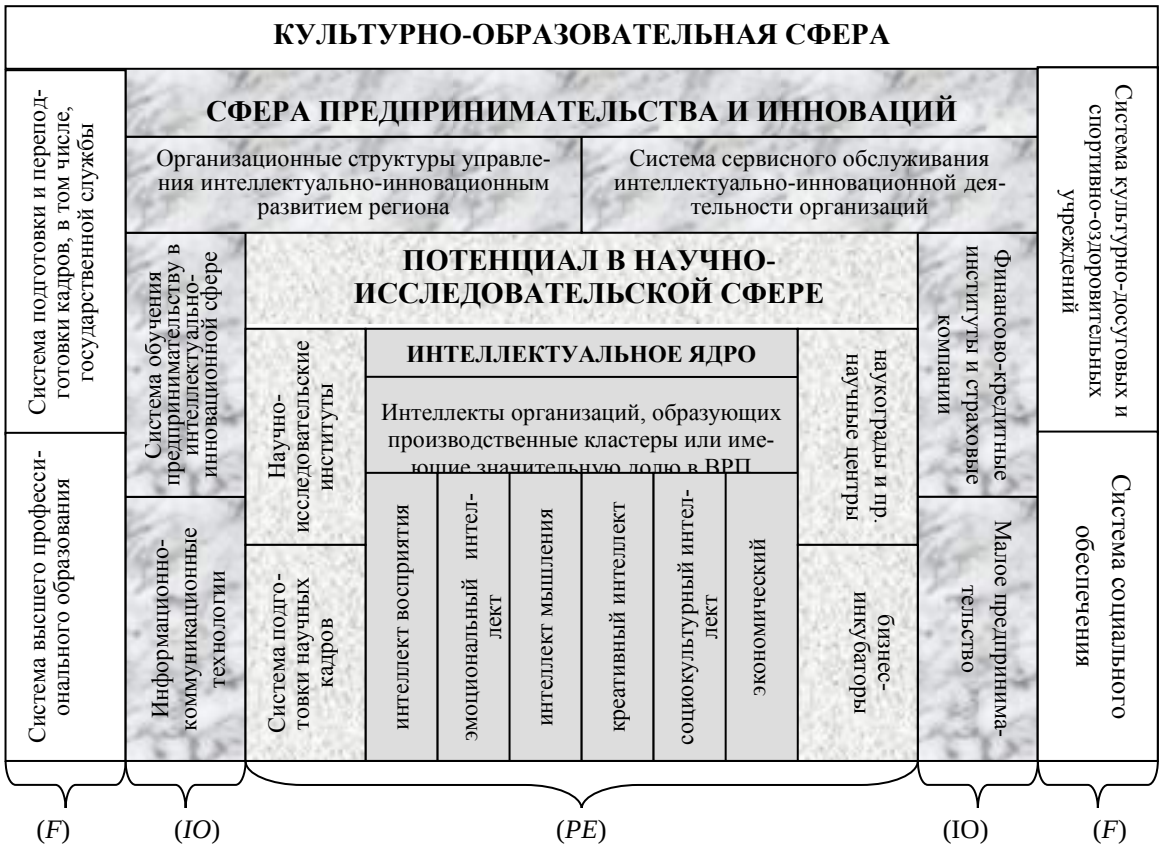


Рис. 3. Структура интеллектуального капитала региона

При этом культурно-образовательная среда условно образует физиологическое содержание интеллектуального потенциала региона (F), инфраструктура предпринимательства и инноваций представляют собой информационно-организационное содержание (IO), а интеллектуальное ядро и научно-исследовательская среда – производственно-экономическое содержание (PE).

В заключение отметим, что интеллект субъекта является интеллектуальным потенциалом, но только результаты интеллектуальной деятельности превращают потенциал в капитал, приносящий владельцу выгоду. Следовательно, сформированная структура интеллектуального капитала позволяет определить два взаимосвязанных блока показателей-индикаторов для его оценки:

1) индикаторы, характеризующие востребованный интеллектуальный потенциал (интеллект) в цифровой экономике;

2) индикаторы, характеризующие результаты интеллектуально-инновационной деятельности в цифровой экономике.

Выводы

В докладе предложена структура интеллектуального капитала, в основе которой лежит многокомпонентная модель человеческого интеллекта, включающая следующие элементы: физиологическая (интеллект восприятия, эмоциональный интеллект), психологическая (логический и креативный интеллект), социально-экономическая (социокультурный и предпринимательский интеллект). Данные компоненты раскрыты на уровне работника, организации и региона. В составе интеллектуального капитала выделены также интеллектуальный потенциал и результаты интеллектуально-инновационной деятельности, на базе которых можно построить соответствующую систему оценки. Она позволит развивать и совершенствовать интеллектуальный капитал как фактор конкурентоспособной и эффективной инновационной деятельности социально-экономических систем

в условиях цифровой экономики. Работа выполнена по гранту РФФИ № 19-010-00698 на тему: «Развитие теории интеллектуального капитала и методов его оценки в условиях цифровизации экономики», а также в рамках фундаментальных исследований Финансового университета.

Литература

1. *Шаркова А.В., Толкачев С.А., Абдикеев Н.М., Богачев Ю.С.* Обоснование подходов к разработке модели конкурентоспособности социально-экономических систем в условиях цифровой экономики // Проблемы экономики и юридической практики. 2019. № 1. С. 23-28.

2. *Лосева О.В., Дресвянников В.А.* Человеческий интеллектуальный капитал: теория, методология и практика оценки. - М.: РУСАЙНС, 2017. 307 с.

3. *Loseva O., Fedotova M., Filimonova N.* Methods for Measuring of Regional Intellectual Capital // Information. 2016. Т. 19. № 6A. С. 1771-1784.

4. *Loseva O., Didenko, A.S., Abdikeev, N.M.* Approaches to the Ranking of Regions According to the Efficiency and Scientific and Innovative Activities // Proceedings of 2018 11th International Conference «Management of Large-Scale System Development» (MLSD, Moscow, 2018, pp. 1-4). DOI: 10.1109/MLSD.2018.8551885.

КОНВЕРГЕНТНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЦЕЛОСТНОЙ СБОРКИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ РАЗВИТИЯ И КОГНИТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Райков А.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65; ООО «Агентство Новых Стратегий», г. Москва, ул. 26 Бакинских Комиссаров д. 14, оф. 100

alexander.n.raikov@gmail.com

Аннотация: Показано, что сборка стратегических субъектов не может быть проведена формализованными приемами. Для учета неформализуемых аспектов (коллективное бессознательное, корпоративный дух, эмоции, чувства, мысли) сформулированы принципы обеспечения конвергенции сборки на основе методов решение обратных задач, теории категорий, термодинамики, квантовой семантики.

Ключевые слова: квантовая семантика, конвергенция, сборка, стратегический субъект.

Введение

Параметрами сборки стратегических субъектов являются, как показано в работе [1], базовые основания и факторы для сборки субъектов. Первые определяют мотивацию участников процессов сборки, вторые – отражают значимые для сборки междисциплинарные факторы. При этом выделяются общности ценностей, культуры, целей, а также различные комплексные факторы.

Субъективный фактор, влияющий на процесс сборки стратегического субъекта, при всем многообразии отмечаемых параметров, делает этот процесс в целом неформализуемым. Попытки его формализовать приводят к коллапсу, то есть отрицанию базовых оснований и факторов. Так, попытки формализации медитативного феномена или явления коллективного бессознательного приводят к потере их уникальной особенности быть неформализуемыми, иметь много большую логических и исчислимых структур континуальную мощность для экспликации трансцендентальных состояний сознания, порождения некаузальных инсайтов, проявления творческих откровений и пр.

В наших работах [2,3] показано, что запрет на формализацию явлений, связанных с проявлением субъективного фактора, может быть обойден за счет использования косвенных приемов. К таким приемам относятся использование методов решения обратных задач на топологических пространствах, построение конвергентной монады в теории категорий, когнитивное моделирование с обогащением моделей денотативными и сигнификативными семантиками, адаптированным приложением закономерностей квантовой физики и термодинамики.

Технологической базой для охвата столь объемного, многоаспектного и междисциплинарного явления как сборка стратегических субъектов, может быть система распределенных ситуационных центров развития [4]. Именно такая система уникальным образом может обеспечить необходимый спектр возможностей для сбора нужной информации, ее аналитической обработки с применением искусственного интеллекта (ИИ) и поддержки сетевых коллективных процессов принятия решений.

В настоящей работе делается акцент на развитии идей, связанных с использованием квантово-механических закономерностей для пополнения состава принципов, исполнение которых создает

необходимые условия для обеспечения конвергентности (сходимости) процессов сборки стратегических субъектов к неформализуемому образу целей.

1 Менеджериальные проблемы сборки стратегического субъекта

Высокая динамичность социальных процессов и рост темпов обновления знаний, становление новых социальных структур и институтов, улучшение коммуникаций, снижение роли нормативного подхода, размывание культурных традиций и границ идентификации субъектов принятия решений определяют перманентную актуальность процессов формирования стратегических субъектов. В наиболее простом и, скорее всего, идеальном для управления и принятия решений виде эта сборка происходит при наличии четкой цели и наличии возможности описать имеющиеся ресурсы и институциональное обеспечение.

Однако четкую цель сформулировать не всегда представляется возможным, особенно в условиях территориальной и сетевой распределенности множества участников процесса сборки. Ресурсы также не всегда идентифицируются, а процессы институционализации могут только начать инициироваться. Решаемые конкретными субъектами проблемы и ментальные аспекты оказываются ненаблюдаемыми для классической науки, оперирующей в основном знаками, символами, логикой, словами и пр. Информационная неопределенность, виртуальный характер медийной среды и многое другое делают процессы сборки стратегических субъектов практически обреченными на неуспех.

В работе [5] показано, что процессы принятия коллективных решений, свойственные реализации сетевой демократии, могут быть ускорены за счет применения методов решения обратных задач на понятийных пространствах, коллективного когнитивного моделирования. Построен набор правил для модератора (группы), которые можно включить в состав технологических принципов, обеспечивающих сходимость (конвергентность), и, тем самым, ускорения, процесса сборки стратегического субъекта. Тогда, таким принципами являются:

- Декомпозируй проблему на цели, ресурсы и действия;
- Фиксируй всю поступающую относительно решаемой проблемы информацию;
- Сформулируй 3-уровневое дерево целей (главная, внешние, внутренние);
- Упорядочи цели с применением метода анализа иерархий;
- Декомпозируй ресурсы на конечное и обозримое (контролируемое) множество частей;
- Декомпозируй проблему с применением известного для участников метода стратегического анализа, например, SWOT-анализа;
- Построй с участием экспертов проект когнитивной модели;
- Проведи верификацию когнитивной модели и синтез недостающих компонентов с отображением модели на релевантные массивы больших данных;
- Оптимизируй управленческое решение на базе когнитивной модели с применением генетического алгоритма;
- Напиши стратегический документ, определяющий план мероприятий (дорожную карту) для осуществления сборки стратегического субъекта.

Однако сложность ментальных процессов требует усиления внимания к построению когнитивных (неформализуемых) семантик. Так, оценка сложности детерминированной части этих процессов, фиксируемой нейронной структурой мозга одного человека, показывает потребность обработки данных, представляемых числами порядка 10^{860} бит [6]. Неформализуемая же компонента такой семантики носит бесконечномерный характер [7].

2 Когнитивный (сильный) искусственный интеллект

Сегодняшнее развитие ИИ, как можно заметить, носит преимущественно экстенсивный характер. Развитие методического ядра ИИ практически застыло на месте с середины 1980-х годов. Улучшается архитектура интеллектуальных систем. Растут объемы данных, создаются новые системы сбора данных (например, блокчейн, IoT), увеличивается число слоев в нейронных сетях, ускоряются распределённые вычисления, увеличивается число правил в базах знаний, внедряются новые приложения и пр. Делаются попытки формализовать в виде онтологий принципиально неформализуемые ментальные явления. Плодятся новые названия: предиктивная аналитика, глубокое обучение, фог-вычисления, автономная навигация и пр. Но суть методического ядра ИИ не меняется, в его основе лежит, как и прежде, дискретная логика. Логики могут быть разными: нечеткими, немонотонными, интуиционистскими, модальными и пр. И даже смелые подходы с эмуляцией квантовых вычислений обрабатывают данные, представляемые в логико-дискретной форме.

Вместе с тем современный этап становления постнеклассической научной рациональности [4], создание кибер-физических систем систем (*Cyber-Physical System of System*, CPSoS) требует

принципиально нового подхода к развитию ИИ. При разработке CPSoS такие известные термины, как эмерджентность, автопоэзис, автогенезис, холонический подход и пр. получают принципиально новое содержательное наполнение. В основу построения постнеклассической парадигмы ИИ могут быть положены давние идеи создания Сильного (когнитивного) ИИ. Так, стоя у истоков создания ИИ, один из его основателей (Н. Чомский) формулировал неподъемную до настоящего времени задачу разгадки тайны уникальной способности человека делать правильные и одновременно беспричинные выводы.

Для построения когнитивного ИИ требуется принципиальное изменение подхода к учету латентных, теневых феноменов мышления и сознания, коллективного бессознательного. Для этого мощности традиционного инструментария явно недостаточно. Здесь представление знаний может сопровождаться принципиально неформализуемыми конструкциями − когнитивными семантиками. Такие семантики могут быть учтены косвенными методами, например, с применением уже отмеченного выше конвергентного подхода. Он обеспечивает создание необходимых структурных условий для поддержки устойчивой и целенаправленной сходимости процессов управления к неточно заданным целям. Конвергентный подход на практике представляется в виде процесса когнитивного моделирования с верификацией когнитивной модели через ее отображения на большие данные и решения обратных задач на когнитивных графах. При этом идет опора на приведенные в п. 1 технологические принципы.

Особого внимания для построения когнитивных семантики заслуживает развитие идеи квантовых вычислений [8]. Идею использования квантовой семантики можно выразить следующим образом. Средства квантовой семантики должны помочь осуществить прогноз и целеполагание сборки стратегического субъекта при большой неопределенности ситуации в настоящем и будущем. Исходными данными для построения квантовой семантики являются собственно когнитивная модель и ее денотативная семантическая интерпретация, полученная через отображение модели на Большие Данные. Для прогнозирования может быть использован квантовый фильтр, состоящий из Квантового генетического алгоритма (QGA) и алгоритмом Оракула, а также оператор Адамара. Такой подход позволит осуществить ускоренный поиск решений обратной задачи прогнозирования будущего из суперпозиции всех возможных хороших и плохих решений на пути к будущему, а Оракул их распознает в множестве искомых решений, например, с помощью квантового алгоритма Гровера. Оператор Адамара позволит создать суперпозицию из всех случайно выбранных решений в виде обобщенного пространства решений, которые пропускаются через упомянутый выше квантовый фильтр. Причем QGA обеспечит определение корреляции между искомыми решениями, а алгоритм Оракула отбросит ненужные по экстремуму заданной функции пригодности.

Обращение к механизмам квантовой семантики заставляет пополнить состав конвергентных принципов потребностью обращения к набору квантовых операторов, повышающих полноту семантической интерпретации когнитивной модели.

Заключение

Использование конвергентных принципов позволит ускорить сборку стратегических субъектов. Как следствие, это будет способствовать увеличению продолжительности жизни, улучшению лечения сложных болезней, повышению качества электронных услуг, многократному сокращению времени проведения совещаний и принятия коллективных решений.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 17-18-01326, РФФИ.

Литература

1. *Лепский В.Е.* Аналитика сборки субъектов развития. М.: «Когито-Центр», 2016. 130 с. http://www.reflexion.ru/Library/Lepskiy2016.pdf (просмотр 22.05.2019).

2. Raikov A. Convergent networked decision-making using group insights. Complex & Intelligent Systems. December 2015, Volume 1, Issue 1, pp 57-68. doi 10.1007/s40747-016-0005-9.

3. Raikov A.N. Convergent Cognitype for Speeding-Up the Strategic Conversation. Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control (IFAC), Seoul, Korea, July 6-11, 2008. pp. 8103-8108. doi: 10.3182/20080706-5-KR-1001.0644.

4. Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития. Под ред. В.Е. Лепского и А.Н. Райкова – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 с.

5. Raikov A. Accelerating technology for self-organising networked democracy. Futures. Volume 103, October 2018, Pages 17-26. https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.03.015

6. *Wang Y.* Towards the abstract system theory of system science for cognitive and intelligent systems. Complex Intell. Syst. 2015 1: 1–22. doi 10.1007/s40747-015-0001-5.

6. *Atmanspacher H.* Quantum approaches to brain and mind. An overview with representative examples. The Blackwell Companion to Consciousness. Ed. Susan Schneider and Max Velmans. John Wiley & Sons Ltd. 2017: 298-313. doi: 10.1002/9781119132363.ch21
7. Ulyanov S.V. Quantum Fast Algorithm Computational Intelligence PT I: SW / HW Smart Toolkit. Artificial Intelligence Advances. 2019, Vol. 1, No 1.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК НОВЫЙ ДРАЙВЕР ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Рассказова А.Н., Юргенсон В.В..

Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики",
Россия, г.Санкт-Петербург, ул. Кантемировская д.3
an_rasskazova@mail.ru, vvyurgenson@edu.hse.ru

Аннотация: Дано определение понятию цифровизации. Приведены достаточные аргументы в пользу новизны предлагаемого исследования, основой которого является комплексный подход в оценке влияния индексов, связанных с цифровизацией, на ВВП на душу населения в развитых странах. Доказано, что что цифровизация оказывает положительное влияние на уровень благосостояния развитых стран.

Ключевые слова: ВВП, информационно-коммуникативные технологии, государственные онлайн-сервисы, потенциал цифровизации.

Введение

В последние годы тема цифровизации, развития цифровых технологий и цифровой экономики привлекает к себе все большее внимание широкого круга общественных организаций, а также органов власти разного уровня, от Международного экономического форума до местных правительств. При этом остается открытым вопрос изучения влияния цифровизации на экономику, в частности развитых стран. Акцент делается на развитые страны, поскольку по опыту предыдущих Промышленных революций, именно в них сначала преодолевались важнейшие вехи всех трансформаций, а затем переносились в развивающиеся страны. Цель данной работы – раскрыть феномен цифровизации с точки зрения влияния факторов на процесс ее продвижения.

1 Анализ литературы и понятие «цифровизации»

В основе используемой в работе методологии лежит понятие «цифровизации». Анализ литературы, раскрывающей данное понятие, позволил выделить несколько акцентов в формулировке этого понятия. Одним из главных является термин оцифровки, выделенный в определениях в качестве ключевой неотъемлемой части цифровой трансформации [2]. Другие формулировки, так или иначе, основаны на адаптации цифровых технологий к той-или иной предметной области, характере развития процесса цифровизации [4] или видении цифровизации через призму разрушительных преобразований существующих социотехнических структур, которые ранее были обеспечены нецифровыми средствами. Таким образом, с учетом выделенных особенностей цифровизации, на которых делали акцент исследователи, предлагается следующее уточненное определение. Цифровизация – это динамичный, открытый процесс, в ходе которого происходит принципиальное преобразование существующих социотехнических структур с одновременным созданием либо изменением устоявшейся системы ценностей посредством наращения объёмов использования цифровых технологий всеми членами общества – отдельными людьми, организациями, государством – и их активной вовлечённостью в данный процесс путём ежедневного взаимодействия.

Кроме того, следует отметить, исследованию цифровизации посвящено большое количество научных работ. Однако они либо сконцентрированы на достаточно узких исследовательских вопросах [1], либо раскрывают тему в макро-контексте, но делают это лишь в рамках теоретических концепций, как правило, без опоры на данные [3, 4].

Таким образом, в силу того, что остается открытым вопрос изучения влияния цифровизации на экономику, новизной данного исследования является применение комплексного подхода к фундаментальной оценке феномена цифровизации, которую предлагается выполнить на основе анализа статистических данных и построения эконометрической модели.

2 Методология

В качестве зависимой переменной был выбран ВВП на душу населения в развитых странах в постоянных ценах 2011 года в международных долларах, рассчитанный Международным валютным фондом. В качестве регрессоров выступают следующие индексы цифровизации.

- Первый – это ICT Development Index (IDI) без субиндекса ICT Skills. Как и следует из названия, характеризует уровень развития ИКТ[43]-базы страны. ICT Skills был опущен, поскольку, по сути, учитывает не навыки использования ИКТ, а общий уровень образованности населения. Данный параметр учтён более комплексно в GII – Human capital and research.
- Второй – Online Service Index (OSI) – субиндекс E-Government Development Index (EGDI), отражающий качество доступа к государственным онлайн-сервисам (сайты и порталы министерств, социальных ведомств, организаций системы здравоохранения и т.д.). При этом два других субиндекса EGDI: Human Capital Index (HCI) и Telecommunication Infrastructure Index (TII), были опущены, поскольку параметры, близкие TII, учтены в IDI, а HCI – в GII.
- Третий – Global Innovation Index (GII) с субиндексами Human Capital, Business Sophistication, Knowledge and Technology Output, Creative Outputs. Скорректированный GII наиболее полно отражает потенциал цифровизации в экономике, т.к. учитывает человеческий капитал и эффективность его применения в сочетании с внедрением инноваций. Факторы влияния государственных и рыночных институтов не учтены, чтобы была возможность оценить «чистый» эффект раскрытия указанного потенциала.

Порядок выхода аналитических отчётов, в которых публикуются выбранные индексы, определяется ответственными организациями самостоятельно и может не совпадать, поэтому данные были отобраны за максимально возможное количество доступных и совпадающих периодов: 2008, 2010, 2012 и 2016 года. Итого, в панели 144 наблюдения страна-год.

Формализованная модель выглядит следующим образом:

$$\ln(\text{GDP per capita}_{\text{PPP}}^{2011})_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{OSI}_{it} + \beta_2 \text{IDI_adj}_{it} + \beta_3 \text{GII_adj}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Коэффициенты при всех регрессорах ожидаются положительного знака. Каждый из них отражает тот или иной аспект формирования и развития цифровых технологий и их взаимодействие с человеком. Исходя из экономической теории и накопленного человечеством опыта технологических преобразований, в частности, в ходе Промышленных революций, можно с уверенностью утверждать, что такой симбиоз оказывает положительное влияние на уровень жизни. Таким образом, сформулируем гипотезы исследования:

H1: Коэффициент при регрессоре OSI положителен ($\beta_1>0$).

Чем проще и легче доступ к пользованию государственными услугами в стране, тем выше уровень благосостояния граждан.

H2: Коэффициент при регрессоре IDI_adj положителен ($\beta_2>0$).

Более развитая ИКТ-база в стране способствует автоматизации и повышению производительности, что ведёт к росту выпускаемой продукции и оказываемых услуг в единицу времени.

H3: Коэффициент при регрессоре GII_adj положителен ($\beta_3>0$).

3 Эмпирические результаты и их обсуждение

Относительные значения всех индексов лежат в пределах шкалы от 0% до 100%, а их абсолютные величины варьируются в зависимости от применяемой методологии расчёта, так, OSI – от 0 до 1; IDI – от 0 до 10; GII – от 0 до 100. Поскольку это никак не влияет на последующую оценку коэффициентов, OSI и IDI были домножены на 100 и 10, соответственно, для наглядности и сопоставимости с GII.

Исходя из описательной статистики по регрессорам модели (рис. 1), можно говорить о том, что даже группа развитых стран далека от идеала в области цифровизации: средние индексов находятся в районе 50-го перцентиля, 2 из 3 наилучших показателя – не выше 75%, и ко всему прочему существует довольно ощутимый разрыв в результатах между лидерами и последователями среди развитых стран. Всё это указывает на существенный потенциал развития, который до сих пор не раскрыт в рамках цифровизации.

Несмотря на то, что отобранные индексы были максимально очищены от совпадающих параметров внутри них, матрица корреляций указывает на наличие статистически значимых корреляций на 1%-м уровне между регрессорами, что выглядит достаточно подозрительно. Однако проведение дополнительных тестов на проверку присутствия мультиколлинеарности свидетельствуют о том, что та минимальная мультиколлинеарность, присутствующая в модели, не оказывает существенного влияния на анализ коэффициентов, и, в целом, выводы, которые могут быть сделаны на основе оценённой модели, можно называть релевантными.

[43] *ИКТ – информационно-коммуникативные технологии.*

	(1) Среднее	(2) Стд. откл-е	(3) Min	(4) Max
OSI	66.46	18.06	28.89	100
IDI_adj	52.68	9.32	30.52	71.04
GII_adj	44.04	8.12	28.35	64.6
Кол-во наблюдений	144			

Количество стран: 36. Периоды: 2008, 2010, 2012, 2016 года.

Рис. 1. Описательная статистика по регрессорам модели

Таким образом, P-value F-статистики меньшее 0.05 и все значимые на 10%-м уровне (один – на 1%-м уровне) оценённые коэффициенты демонстрируют общее качество нашей модели. Гипотеза о положительном знаке коэффициентов при OSI и IDI_adj не может быть отвергнута: совершенствование ИКТ-инфраструктуры и уровня доступности онлайн государственных услуг однозначно ведёт к улучшению благосостояния в развитых странах.

Гипотеза о положительном знаке коэффициента при GII_adj отвергается. Так могло произойти по причине инвестиционного лага, который мог бы выражаться в допущении положительной взаимосвязи развития технологий вместе со знанием и уровня жизни населения. Однако данное допущение предполагает экономический рост в долгосрочной перспективе и не учитывает тот факт, что любые технологические нововведения и сопутствующая им переквалификация специалистов имеют практику окупаться не единовременно в момент внедрения новшеств, а спустя какое-то время.

Говоря более предметно, на основе модели можно сделать вывод о том, что в данный момент развитые страны проходят через этап, в течение которого происходит совершенствование передовых цифровых технологий и усвоение необходимых знаний, но, по всей видимости, пока затраты на это не приносят желаемой отдачи. Данные говорят о том, что прогресс в этих областях, выраженный в увеличении GII_adj на 1 единицу, ведёт к незначительному снижению реального ВВП на душу на 0.27%. Положительный момент заключается в том, что это снижение с запасом компенсируют успехи в других областях. Так, увеличение OSI и IDI_adj на 1 единицу ведёт к суммарному увеличению реального ВВП на душу почти на 0.55%. Как видно, этого достаточно, чтобы компенсировать всё ещё нераскрывшийся потенциал серьёзных инновационных разработок.

Заключение

Подводя итог, можно утверждать, что цифровизация оказывает положительное влияние на уровень благосостояния развитых стран, однако в данный момент более простые и понятные рядовым пользователям технологии являются ключевыми драйверами роста в рамках цифровизации экономики.

Литература

1.(2) Biggiero L. Industrial and knowledge relocation strategies under the challenges of globalization and digitalization: the move of small and medium enterprises among territorial systems // Entrepreneurship and Regional Development. 2006, №18(6), – P. 443-471.

2.[4] Cambridge Advanced Learner's Dictionary. Third Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 1820 p.

3. [5]Cenamor J., Rönnberg Sjödin D., Parida V. Adopting a platform approach in servitization: Leveraging the value of digitalization. // International Journal of Production Economics. 2017, №192. – P. 54-65.

4. [10] Hagberg J., Sundstrom M., Egels-Zandén N. The digitalization of retailing: an exploratory framework // International Journal of Retail & Distribution Management. 2016, №44(7). – P. 694-712.

СЕМИОТИЧЕСКАЯ МАШИНА «КАЛЕЙДОСКОПИЧЕСКИЙ КОНФИГУРАТОР» КАК МОДЕЛЬ СПОСОБА СУЩЕСТВОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ, ИНСТРУМЕНТ ЕЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Реут Д.В.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Россия, 105094, Москва, 2-ая Бауманская ул., 5

dmreut@gmail.com

Аннотация: Предложена описательная модель цифровой экономики как реальной хозяйственной деятельности и совокупности ее текущих результатов, непрерывно дополняемых виртуальными сущностями пространства массовых коммуникаций, и, возможно, иных условных миров (например, импакт-инвестинга). Реальный и фантомные миры находятся в процессе непрерывного симультанного взаимопорождения.

Ключевые слова: описательная модель, изономическое управление, крупномасштабная система, перцептивное пространство, виртуальное пространство, симультанное взаимопрождение, эффект бабочки, Pokemon Go, жизненный цикл, импакт-инвестинг

Введение

Настоящие тезисы относятся к области философии и методологии управления и предлагают описательную модель способа существования цифровой экономики [1], показывающую природу нарастающей неустойчивости данной крупномасштабной системы. Последняя возникает в виде наложения на основные процессы функционирования и управления их многократных отражений убывающей интенсивности в «зеркалах» дополнительных по отношению к перцептивной реальности измерений. Человеческий фактор способствует хаотическому внесению искажений в отражения любого порядка. Трех-сраничные тезисы носят постановочный характер, поэтому не включают обсуждения вопроса об адекватности модели и возможности ее верификации.

Модель размечает пространство существования цифровой экономики в целях дальнейшей локализации механизмов нарастания сложности и нестабильности крупномасштабной системы с целью разработки моделей управления, способных удерживать систему в эволюционном коридоре.

Одним из инструментов системного мышления является семиотическая машина [2] – организованность взаимодействующих функциональных мест в пространстве дискурса, позволяющая создавать и модифицировать гетеорогенное, но в асимптотике целостное представление как статического, так и динамического объекта. Участникам работы в режиме семиотической машины предлагается занять определенные позиции в ее структуре, вследствие чего они получают некоторые возможности и принимают некоторые ограничения в своем мышлении и в своей деятельности. В литературе рассмотрены семиотические машины диспозитива, медиафилософии, цикла креативности Кребса, конуса развития и др. Систематизация семиотических машин может быть предметом номотетического раздела предмета «исследование операций». Мы предлагаем к рассмотрению семиотическую машину, которую называем калейдоскопическим конфигуратором.

2 Калейдоскопический конфигуратор как объяснительная модель цифровой экономики

Мы предлагаем выделить в человеческой практике стихийно возникшую, но, возможно, объясняющую важные процессы семиотическую машину – калейдоскопический конфигуратор. Исходной идеей является детская игрушка – калейдоскоп.

Под конфигуратором обычно понимают «систему нескольких разносторонних знаний об объекте…в общем случае эти знания должны быть перестроены в соответствии со структурой предполагаемого объекта» [3].В терминологии системного анализа под конфигуратором понимается наиболее общая модель системы.

Калейдоскоп как оптическая система содержит несколько зеркал, соединенных в конфигурацию, порождающую взаимные отражения. В предлагаемом к рассмотрению примере оказываются сопряженными три пространства, отражающие содержимое друг друга. Это – реальная экономика как процесс хозяйствования и совокупность текущих результатов этого процесса, воспринимаемые нами посредством пяти органов чувств, виртуальное пространство массовых коммуникаций и, например, концептуальное пространство импакт-инвестинга.

В оптическом калейдоскопе мгновенно возникают отражения первого, второго и т.д. порядка убывающей яркости. Отличие предлагаемой семиотической машины от калейдоскопа состоит в следующем. При каждом движении детской руки, держащей калейдоскоп, наблюдаемая картина меняется и при прекращении движения застывает. Совокупность окружающей нас

человеконаселенной действительности и ее отражений в перечисленных виртуальных реальностях непрерывно и почти независимо от действий каждого конкретного человека самопроизвольно меняется. Эти изменения могут быть первично-искусственные (создаваемые людьми намеренно) и вторично-искусственные (эмерджентные; они также являются следствиями человеческой деятельности, но не могут быть предвидены субъектом деятельности вследствие запредельной для человека сложности их взаимных влияний.

Предлагаемая семиотическая машина включает подпространства, находящиеся между собой в отношении непрерывного симультанного взаимопорождения. Здесь кроется главное системное различие новой семиотической машиной и детского калейдоскопа: «отражения» сущностей, происходящие из одного пространства в другое, подвержены изменениям вследствие того, что сам факт отражения привносит в отражаемую сущность процесс трансформации.

Примером симультанного взаимопорождения, в котором все мы непрерывно участвуем, является отношение перцептивной и виртуальной реальности. Перцептивная реальность воспринимается нашими органами чувств в данный момент без посредства каналов массовой информации и коммуникации (хотя, возможно, эта реальность сформирована в прошлом с их участием). Информационная реальность воспринимается нашими органами чувств исключительно посредством указанных каналов.

Выделенные реальности мы аппроксимируем соответствующими пространствами. Виртуальное пространство есть модель информационной реальности. Субъекты и объекты перцептивного пространства могут иметь проекции в информационном пространстве и наоборот. Субъекты деятельности из перцептивного пространства могут проецироваться в информационное пространство в виде общности, упорядоченной в соответствии с доменными именами и, возможно, ведущей сетевую коммуникацию. События перцептивного пространства отображаются в виде "контента" Интернет-сайтов информационного пространства. Коммуникация в Интернете может инициировать события в перцептивном пространстве. События, как правило, порождают новый контент. Операции в перцептивном и информационном пространствах могут сплетаться в цепь последовательных и параллельных операций, направленных на достижение единой цели.

3 Заключение: формирование, развитие и сопровождение цифровой экономики

В настоящее время федеральная программа [4] дает лишь эскизное представление о предполагаемой к разворачиванию цифровой экономике как о трехуровневой структуре, причем верхний уровень лишь обозначен (как «рынки и отрасли экономики…»).

В настоящих тезисах предложено понимание цифровой экономики как реальной хозяйственной деятельности и совокупности ее текущих результатов, непрерывно дополняемых виртуальными сущностями пространства массовых коммуникаций (подобно компьютерной игре Pokemon Go), импакт-инвестинга и в перспективе, возможно, иных условных миров. Таким образом, разворачивающиеся процессы далеки от линейности, стационарности и аддитивности.

Предложенная модель-принцип калейдоскопического конфигуратора иллюстрирует механизмы нарастания сложности и нестабильности крупномасштабных систем. Модель пополняет арсенал выстраиваемого сегодня изономического управления, призванного удерживать крупномасштабные и иные системы в эволюционном коридоре.

Литература

1.Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 “О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы” [Эл. ресурс] – URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/

2. Розин В.М. Онтологические, направляющие и организационные схематизмы мышления // Кентавр. 1998. № 20. С. 26-32.

3. Щедровицкий Г.П. Синтез знаний: проблемы и методы / Избранные труды, М., 1995, 634 – 666.

Программа "Цифровая экономика Российской Федерации" [Эл. ресурс] – URL: http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf

4. Reut D.V. Semiotics machine named “Kaleidoscopical Configurator”: A model of digital economy existence mode and an instrument of digital Economy Improvement // OR60: The OR Society Annual Conference 11 – 13 September 2018. Lancaster University. Conference Handbook. P. 199 – 200.

РАЗВИТИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Сидоренко Г.Г., Терновсков В.Б., Григорьев С.М., Данилина М.В. Овсяник А.И., Пименов Н.А., Сидоренко О.Г., Родионов А.С.

Кафедра БЖД, Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва ул. Ленинградский пр., д. 49

GGSidorenko@fa.ru, VTernovskov@fa.ru, SGrigorev@fa.ru, MDanilina@fa.ru, AIOvsyanik@fa.ru, NPimenov@fa.ru, GGSidorenko@fa.ru, rod-ionov@bk.ru

Аннотация: анализируется пропаганда основ экологической безопасности среди различных возрастных групп населения в условиях цифровизации мировой экономики и использовании в связи с этим современных информационных технологий – мобильных приложений. Показана статистика использования мобильных приложений по различным критериям; даны основные рекомендации для разработчиков мобильных приложений экологической тематики.

Ключевые слова: мобильные приложения, основы экологической безопасности, информационные технологии, экологическая культура.

Одной из важнейших проблем современности, препятствующий сохранению высокого качества окружающей среды, является низкий уровень экологической грамотности, воспитанности и культуры населения.

Во все времена человечество связывало свои надежды с развитием цивилизации, создание которой виделось в ускоренном развитии науки и техники. При этом человеческая деятельность развивалась на основе представления о неограниченности природных ресурсов и безграничной способности природы к самоочищению.

Формирование экологической культуры неразрывно связано с формированием у населения основ экологической безопасности. Согласно Экологической доктрине Российской Федерации, принятой в 2002 году, экологическая безопасность — одна из составляющих национальной безопасности, совокупность природных, социальных, технических и других условий, обеспечивающих качество жизни и безопасность жизни и деятельности проживающего (либо действующего) на данной территории населения.

На протяжении всей своей жизни человек учится жить в гармонии с окружающей средой, предотвращать и снижать экологические последствия чрезвычайных ситуаций, обеспечивать безопасность при осуществлении потенциально опасных видов деятельности.

Процесс формирования знаний в области экологической безопасности начинается с раннего возраста и идет на протяжении всей жизни человека. Наряду с общеобразовательными программами, средствами массовой информации, печатными изданиями по вопросам экологической безопасности, ведущее место в информировании и обучении населения занимают информационные технологии.

С каждым днём все больше увеличивается доля мобильного интернета и количество пользователей мобильных устройств. Такие изменения вполне обусловлены – сейчас все стремятся к удобству и мобильности во всех сферах жизни. По данным независимых опросов, в которых приняли участие свыше 500 человек, пользовательская аудитория мобильными устройствами выглядит следующим образом: мужчины (61,5 %), женщины (38,5%), среди них наиболее активный пользовательский возраст – 14-25 лет (64,9%) , наименее активный – моложе 14 и старше 45 лет (15,4%).

С появлением смартфонов и планшетов исчезла необходимость брать с собой «громоздкие» ноутбуки и устройства в дорогу, в командировки, на встречи и для других целей, однако мобильные устройства не приносили бы столько пользы без специальных дополнений – мобильных приложений.

Мобильное приложение представляет собой программу, установленную на той или иной платформе, обладающую определенным функционалом, позволяющим выполнять различные действия.

Значимость мобильных приложений растет не только благодаря их общедоступности и привлекательности с точки зрения новых технологий, но и благодаря возможностям, которые они дают.

Преимущества и недостатки мобильных приложений

Среди преимуществ таких приложений можно выделить:

- отсутствие ограничений рассылок по длине графической и видеоинформации;
- удобство продвижения приложений среди пользователей;

- возможность сбора дополнительных данных о пользователе (местоположения, языка и др.);
- практически неисчерпаемые возможности по интерактивности, ограничиваемые только возможностями аппаратуры.

Недостатки мобильных приложений:

- далеко не все современные мобильные устройства, применяющиеся в настоящее время, поддерживают мобильные приложения;
- пользователь открывает приложение только тогда, когда он этого захочет, а не по внешней команде, например, когда придет соответствующая SMS;
- не очень большая аудитория (в основном молодежь);
- относительная сложность продвижения (требуются специальные компетенции, чтобы сделать приложение популярным).

Приложения могут быть предустановлены на устройство в процессе производства, загружены пользователем с помощью различных платформ для распространения программного обеспечения, установлены провайдером услуг или существовать в формате веб-приложений на специализированном сайте.

К настоящему моменту сложилась устойчивая классификация мобильных приложений, состоящая из трех больших групп: нативные, веб- и гибридные приложения.

Виды мобильных приложений

1 Нативные приложения

Это самый распространенный тип приложений. Они создаются на основе языков программирования для таких операционных систем, как Android, WindowsPhone и iOS. Благодаря таким приложениям можно в полной мере использовать функционал GPS, видеокамер или датчиков ускорения. Главным преимуществом нативных приложений является возможность автономной работы без необходимости подключения к интернету. Чаще всего приложения такого типа распространяются через магазины приложений PlayMarket, AppStore и другие. Также нативными приложениями могут являться различные электронные библиотеки.

2 Веб-приложения и мобильная версия сайта

Данный тип приложений использует технологию WEB для возможности работы на мобильном устройстве. Главным и несомненным преимуществом таких приложений является возможность единоразового создания на все типы платформ. Также мобильная версия сайта имеет весомое преимущество – кроссплатформенность. Однако из минусов стоит отметить, что такие приложения не позволяют использовать функции камеры или геолокации в смартфоне, а также их невозможно загрузить из магазина приложений.

3 Гибридные приложения

Программирование под Android просто не может работать без гибридных приложений. Они – это соединенные воедино нативные и веб-приложения. Главными преимуществами гибридных приложений являются кроссплатформенность на web-технологиях и возможность доступа к функциям смартфона или другого мобильного устройства. Хотя стоит отметить, что разработка приложений для iOS гибридного типа стоит значительно дороже, чем разработка приложений иного типа. Многие популярные социальные сети имеют свои гибридные приложения, которые можно свободно загрузить из онлайн-магазина [1].

Как следует из годового отчета аналитической компании AppAnnie, по итогам 2016 года по всему миру было загружено 90 млрд приложений, что на 15% больше, чем в 2015 году. Проведенное в приложениях время увеличилось на 25% и достигло почти 900 млрд часов.

Россия заняла пятую строчку рейтинга по числу загрузок приложений в мире как в магазине AppStore, так и в GooglePlay. В прошлом году на Россию совокупно пришлось 3,8 млрд скачиваний в магазинах приложений GooglePlay и AppStore, или 4% от мировых загрузок[2].

Опрос более 500 человек показал, что из наиболее интересных мобильных приложений пользователи выделили две категории – социальные сети и игры, наименьший интерес вызвала категория – бизнес.

По объему платежей за приложения в AppStore и GooglePlay российские пользователи не вошли даже в первую десятку. Лидерами по затратам на мобильные приложения и игры стали покупатели из Китая (на iOS) и Японии (на Android) [3].

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что при использовании мобильных приложений для пропаганды основ экологической безопасности необходимо учитывать следующие факторы:

- приложения экологической тематики, интегрированные в социальные сети, такие, как ВКонтакте и Телеграм, с большей вероятностьюнайдут своего пользователя;
- рост популярности приложений для путешественников, для людей с ограниченными возможностями, а также приложений, помогающих поддерживать здоровый образ жизни, демонстрирует повышение интереса пользователей в том числе и к вопросам экологической безопасности;
- востребованность приложений об окружающем мире для детей подтверждает важность и необходимость популяризации экологических знаний;
- ценность мобильных приложений экологической тематики состоит в том, что они просты в установке и использовании, как правило, отличаются доступностью, познавательностью и красочным оформлением, многие из них предоставляются бесплатно или за небольшую плату.

Проанализировав перечисленные приложения, а также другие приложения экологической направленности, разработанные для платформ iOS и Android, можно сделать вывод: несмотря на то, что существующие приложения различаются по функциональным возможностям; относятся к разным категориям;имеют свои направления и свою аудиторию, - все они помогают пользователю получить необходимую информацию по самым разным вопросам экологии и экологической безопасности.

При создании новых мобильных приложений экологической тематики российским разработчикам следует учитывать:

- возрастающий интерес пользователей к проблемам экологической безопасности на фоне роста потребления природных ресурсов при сокращении их запасов; увеличения численности населения планеты;возрастания экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф и т.д.);
- важность пропаганды основ экологической безопасности (знакомство пользователей с природоохранными мероприятиями, с инновационными, сберегающими природную среду технологиями, с экологически вредными продуктами питания, которые должны быть исключены их рациона человека и другое);
- востребованность приложений экологической тематики у пользователей, проживающих на территориях, подверженных угрозам природного и техногенного характера (например, о радиоэкологической безопасности);
- целевую аудиторию потенциальных пользователей (возраст, образование, социальную принадлежность и т.д.);
- возможность интеграции приложений в наиболее популярные социальные сети;
- зарубежный опыт разработки приложений по вопросам экологии.

Литература

1. Архив научных публикаций. - Режим доступа:http://www.rusnauka.com/
2. РБК – новости. - Режим доступа:https://www.rbc.ru/
3. Экологичный супермаркет. - Режим доступа: http://recyclemag.ru/

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Сухоруков А.И., Ерошкин С.Ю., Богданова Е.Н.

РЭУ им. Г. В. Плеханова, Россия, г. Москва, Стремянный пер., 36.

EroshkinSIu@rgsu.net

Аннотация: В статье анализируются бизнес-процессы жилищно-коммунального хозяйства за рубежом и в России. Определяются потребности в основных информационных системах управления для решения задач цифровой трансформации бизнес-процессов в сфере жилищно-коммунального хозяйства России в условиях становления цифровой экономики.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, бизнес-процессы, цифровая трансформация, цифровая экономика, информационные системы.

Введение

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) – важнейшая отрасль экономики, обеспечивающая непрерывное производство жилищно-коммунальных услуг и формирующая качественные показатели среды жизнеобеспечения человека. Эффективность экономических преобразований в жилищно-

коммунальной сфере во многом определяется стратегической направленностью системы управления, позволяющей предприятиям сферы жилищно-коммунальных услуг адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям [1].

Последнее десятилетие отметилось бурным внедрением в менеджмент цифровых технологий, которые охватывают весь спектр автоматизации и роботизации управленческих задач. Сейчас уже невозможно поддерживать конкурентоспособность, если не учитывать в своей деятельности этот фактор. Понятие «цифровой экономики» уже прочно закрепилось в сознании менеджеров всех звеньев. Современные потребности системной цифровизации бизнес-процессов в жилищно-коммунальной сфере вытекают из ее процессной специфики.

1 Зарубежный опыт организации бизнес-процессов жилищно-коммунального хозяйства

В таких странах как США, Швеция, Финляндия, Германия, Польша, Англия управление ЖКХ является видом предпринимательства. Управление осуществляется управляющими организациями или управляющими компаниями, которые получают вознаграждение за свою работу. Объединение собственников жилья (ОСЖ) в развитых странах — это некоммерческие потребительские организации, объединяющие собственников объектов недвижимого имущества. Они создаются для того, чтобы обеспечивать эксплуатацию жилого комплекса распоряжаться имуществом. ОСЖ - обобщающее понятие различных юридических форм жилищной поддержки, например, таких как территориальные сообщества жителей, кондоминимумы, жилищные кооперативы и др. ОСЖ осуществляют распоряжение финансовыми ресурсами, заключают договора на закупку услуг. В России они называются товарищества собственников жилья (ТСЖ).

За рубежом формы управления многоквартирными домами (МКД) очень многообразны. От заключения индивидуальных договоров каждого жителя МКД, или всех жителей одного дома с различными поставщиками ресурсов, как в Англии и Германии до управления сферой ЖКХ со 100 % - ным муниципальным капиталом как в Польше. Поэтому модели бизнес-процессов могут значительно различаться.

Для сравнения, в России используется только две из пяти форм концессионных соглашений, а приватизация осуществляется только путем безвозмездного отчуждения имущества, находящегося в собственности Российской Федерации, ее субъектов, муниципальных образований. Для привлечения частного бизнеса в сферу ЖКХ России недостаточно развита нормативно-правовая база, отсутствует гарантия стабильности в силу долгосрочной окупаемости капитальных вложений, то есть существенна проблема неопределённости и риска.

Таким образом, в России сложились отличающиеся от стран зарубежной Европы структура жилищного фонда и способы коммунального обслуживания домохозяйств. Следует отметить, что в России новые способы коммунального обслуживания домохозяйств стали формироваться только в ходе реформирования ЖКХ. Именно реформа ЖКХ обнажила хаотичность и неоптимальность существующих бизнес-процессов, которые часто повторяются, необоснованно затягиваются по времени и велики по стоимости.

2 Описание бизнес-процессов жилищно-коммунального хозяйства в России

Жилищно-коммунальное хозяйство делится на две крупные составляющие – жилищный фонд и коммунальное хозяйство. Жилищный фонд включает в себя все жилые помещения независимо от форм собственности, пригодные для проживания, а коммунальное хозяйство держится на таких основных бизнес-процессах как:

- обеспечение услугами водоснабжения;
- обеспечение услугами водоотведения;
- обеспечение услугами теплообеспечения;
- обеспечение услугами электроснабжения;
- обеспечение услугами газоснабжения;
- содержание жилого фонда и придомовых территорий;
- санитарная очистка, уборка и вывоз мусора;
- текущий и капитальный ремонт инфраструктуры.

Основной целью функционирования коммунального хозяйства является бесперебойное обеспечение населения, предприятий и организаций услугами коммунального хозяйства. Достичь этой цели можно при условии его стабильной деятельности и эффективного использования имеющихся материальных и финансовых ресурсов [2].

При формировании эффективного подхода к управлению бизнес-процессами ЖКХ нужно учитывать ряд особенностей:

- наличие монополизма;
- высокая социальная значимость и жизненно важный характер работы в жилищной сфере;
- локальный характер производства и потребления работ и услуг;
- высокий уровень комплексности данной сферы, что выражается в необходимости одновременной увязки функционирования жилищных организаций в единую технологическую цепочку с другими предприятиями коммунального обслуживания.

Централизация коммунального обслуживания приводит к появлению разветвленных и многоступенчатых инженерных сетей, связывающих источники ресурсов и обслуживаемые объекты, а также транспортирующих и распределяющих коммунальные услуги на обслуживаемой территории. Так формируется единая инженерная система, в которую в качестве стадий технологических процессов включаются производство и потребление услуг. Все это определяет необходимость построения комплексной модели бизнес-процессов, которая учитывает такое множество факторов.

Для того, чтобы проводить цифровую трансформацию в сфере ЖКХ целесообразно выстроить оптимальную модель бизнес-процессов. Для этого необходимо провести детальный анализ управления жилищным и коммунальным комплексами муниципальных образований, создать рыночные отношения в сфере управления жилфондом, увеличить количество реально действующих ТСЖ, создавать четкую нормативно-правовую базу для решения межведомственной неразберихи, привлечь бюджетные средства для реформирования ЖКХ.

Анализ организации бизнес-процессов в сфере ЖКХ показал актуальность поиска способов повышения качества услуг, как за рубежом, так и в России. Реализация стратегии всеобщего управления качеством (Total Quality Management, TQM) на основе принятых международных стандартов качества услуг ИСО 9000 и ИСО14000 дает представление о том, что в данный момент задача поиска резервов повышения качества услуг ЖКХ может принести ощутимый экономический эффект [3]. Международные стандарты серии ISO 9000:2000 актуализировали процессный подход в управлении ЖКХ и требуют, чтобы бизнес-процессы были формализованы, внедрены и непрерывно улучшались с учетом глобальной цифровой трансформации.

В структуре реализации бизнес-процессов управления компаниями ЖКХ важное место занимают: экономичность, действенность, производительность, качество, результативность, прибыльность, качество трудовой жизни, внедрение новшеств (рис. 1).

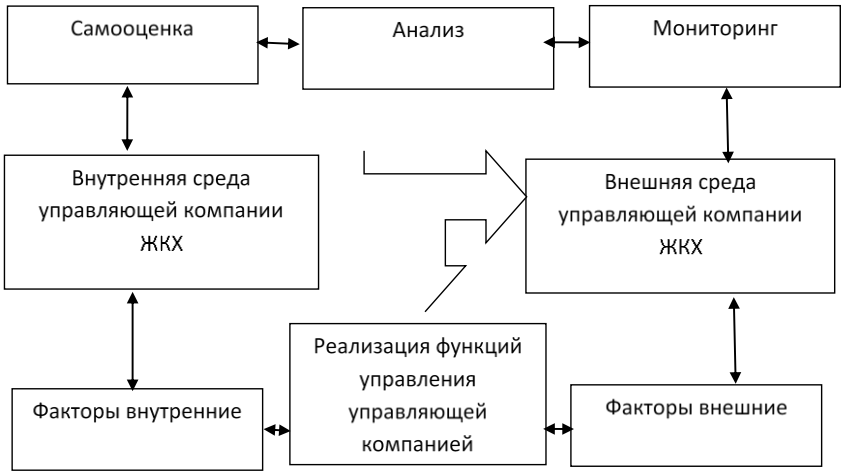


Рис. 1. Модель реализации функций управления компаниями ЖКХ

3 Цифровая трансформация бизнес-процессов жилищно-коммунальной сферы

Для управления бизнес-процессами [4] в сфере ЖКХ используются транзакционные системы планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP).

Для управления проектами развития ЖКХ используют системы управления проектами (Project Management, PM) типа MS Project, Oracle Primavera и др. Развернутый финансовый анализ и оценку инвестиционных проектов с учетом дисконтирования можно провести при помощи автоматизированной программы бизнес-планирования ProjectExpert.

Для детального анализа бизнес-процессов ЖКХ целесообразно использовать системы моделирования бизнес-процессов (Business Process Modeling, BPM) с возможностями функционального, объектного и имитационного моделирования. В BPM-системах автоматизированы возможности FTE-трудозатрат (Full-Time Equivalent, FTE), ранжирования рисков, функционально-стоимостного анализа, как процесса анализа и бюджетирования, позволяющего оценить накладные и операционные расходы бизнес-процессов [5].

Для поддержки принятия решений необходимо использовать системы «бизнес-аналитики» (Business Intelligence, BI). BI-системы используют такие инструменты, как OLAP (Online Analytical Processing) – многомерная аналитическая обработка данных и Data Mining – интеллектуальный анализ данных, функция, которую иногда также обозначают термином KDD (Knowledge Discovery in Databases) – интеллектуальное обнаружение знаний в базах данных. В последнее время широко используется аналитика неструктурированных больших данных (Big Data).

В последнее время стали набирать популярность технологии информационного моделирования всего жизненного цикла зданий (Building Information Model, BIM), которые эволюционировали из CAD-систем (Computer-Aided Design, CAD) и служат необходимой базой данных для успешного функционирования на этапе эксплуатации жилого фонда.

Системный подход в использовании существующих цифровых продуктов автоматизации менеджмента позволит уже в обозримом будущем реализовать грандиозную концепцию цифрового двойника (Digital Twin) – важную составляющую цифровой экономики.

Литература

1. *Веснин В.Р., Корягин Н.Д., Сухоруков А.И.* Современные методы стратегического анализа. Монография/Москва, 2013.
2. *Мазница* Е.М. Перспективы реформирования жилищно-коммунального комплекса в современной системе регионального хозяйства России. – М.: Журнал Проблемы современной экономики. 2011, с.255-259
3. *Сухоруков А.И., Ерошкин С.Ю., Каллаур Г.Ю., Папикян Л.М., Барешенкова К.А.* Проблемы развития информационного менеджмента в строительной отрасли России. – М.: Плехановский научный бюллетень. 2017. № 2 (12). С. 210-215.
4. *Eroshkin S.Y., Sukhorukov A.I., Koryagin N.D., Kovkov D.V., Panov D.V.* The paradigm of the integration of different types of management information systems in investment and construction company implementing the project approach. В сборнике: Procedia Computer Science 2017. pp. 605-608. doi: 10.1016/j.procs.2017.01.076
5. *Корягин Н.Д., Сухоруков А.И., Большедворская Л.Г.* Процессное управление на основе программной системы "*Бизнес*-инженер". – М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2016. – 87с.

СЕКЦИЯ 4: ИМИТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

О НЕКОТОРЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ МЕТОДОЛОГИИ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПУТЯХ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Абрамова Н.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
ninaabramova@mail.ru

Аннотация: Выделены некоторые ограничения современной методологии когнитивного моделирования, значимые для достоверности конечных результатов. Для анализа ограничений и путей их преодоления предложен и применен подход, основанный на известной теории парадигм, заложенной Т. Куном.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, методология, парадигма.

Введение

В поддержке решения проблем управления крупномасштабными системами и их развитием значимое место занимает методология когнитивного моделирования (КМ), основанная на представлении ситуаций в развитии сложных, нередко слабоструктурированных объектов и систем посредством когнитивных карт. Судя по числу публикаций, в том числе, прикладных, и их обширной географии, можно считать, что КМ как научно-прикладное направление развивается вполне успешно, и на него возлагаются растущие ожидания. Тем не менее, наш анализ массива опубликованных когнитивных карт и решений конкретных задач на основе методологии и средств программной поддержки КМ свидетельствует о наличии ряда практически значимых ограничений и проблем, свойственных сегодня этому направлению и тормозящих развитие его потенциала. Существенно, что рассматриваемые проблемы не осознаются большей частью научного сообщества.

При поиске ответов на вопросы, кто виноват и что делать с проблемами КМ и их игнорированием, оказалось уместным обратиться к широко известным идеям Т. Куна и его теории развития науки, основанной на введенном ключевом понятии парадигмы [1]. Проведенный анализ ряда, в основном, игнорируемых ограничений и проблем в КМ показал, что значимая связь между ними и узкими местами современной парадигмы КМ прослеживается довольно наглядно. При этом в некоторых случаях обнаружение такой связи открывает путь к преодолению ограничений, направленный на снижение рисков для достоверности конечных результатов.

1 О роли парадигм в развитии прикладных наук. Современное понимание

Согласно теории, заложенной Т.Куном, применяемой и развиваемой вплоть до сегодняшних дней, развитие научных направлений происходит в зависимости от действующих парадигм и их изменений. В современном расширенном понимании, термин «парадигма» обозначает комплекс средств для представления и развития знаний в некоторой научной области или направлении, который на определенном этапе развития принимается и разделяется научным сообществом, объединяя большинство его членов, и служит в качестве образца для порождения новых знаний.

Применительно к прикладным наукам, представляется целесообразным не только соотносить понятие парадигмы с развитием собственно научных знаний, но и распространять его, как и сопутствующие идеи, на наукоемкую деятельность, включая решение конкретных прикладных задач и построение информационных технологий и СППР.

Состав названного комплекса средств, т.е. парадигмы, сегодня определяют по-разному. В направлениях, которые, как и КМ, основаны на формализации человеческих знаний о той или иной реальности, к парадигме направления уместно относить принятые теоретические модели знаний и допущения, зачастую неявные, об адекватности таких моделей реальности, как и о возможностях субъектов (аналитиков, экспертов) осуществить адекватную формализацию, или, иными словами, адекватно идентифицировать конкретную реальность в терминах принятой теоретической модели.

Парадигмы играют двоякую роль на «нормальных» (по Куну) этапах развития научного направления. С одной стороны, парадигма предлагает готовые образцы для порождения новых знаний (научных или наукоемких), обычно не подвергаемые сомнению. С другой стороны, адепты

парадигмы склонны не замечать аномалий, не поддающихся объяснению в ее рамках, притом, что именно обнаружение аномалий является движущей силой, стимулирующей прорывное развитие. Такой негативный эффект вполне согласуется с представлениями современной психологической науки об ограниченной рациональности, хотя и вызывает отторжение у жестких сторонников формальных методов, игнорирующих роль человека. Именно этим эффектом объясняется ряд ограничений и проблем, обнаруженных в КМ и снижающих достоверность его конечных результатов.

2 Современная парадигма КМ и ее характерные допущения

В основе парадигмы, ориентированной на анализ динамики сложных ситуаций, лежит общее понятие когнитивной карты, которая представляет структуру причинно-следственных влияний между значимыми факторами ситуации с фиксацией знаков или весов отдельных влияний. С такой структурной моделью связано семейство теоретических моделей, с теми или иными различиями трактующих когнитивную карту как модель системы, динамика которой обусловлена распространением причинно-следственных влияний во времени.

К парадигме также относится базовая схема решения центральной целевой задачи, задачи прогнозирования развития ситуации, которая по сути едина, с точностью до деталей, обусловленных принятием того или иного типа динамической модели когнитивных карт. Схема включает построение когнитивной карты (обычно, начиная со знаковой карты с последующей расстановкой весов влияний); определение параметров начального состояния; имитационное моделирование развития ситуации (ИМ), согласно предлагаемой простейшей постановке задачи ИМ.

Анализ адекватности базовой схемы в контексте практических ситуаций позволил сделать общий вывод: современная парадигма в КМ – это парадигма чрезмерного доверия немотивированным, в общем случае, допущениям, нередко неявным. Характерные допущения этого рода таковы:

- допущение о достаточности выделения множества значимых факторов и множества их причинно-следственных связей при структурной идентификации для получения достоверной знаковой когнитивной карты;
- парадигма экспертных возможностей [2], основанная на вере (по умолчанию) в то, что эксперты могут дать приемлемую оценку значений переменных (параметров) когнитивной карты в предопределенной универсальной шкале (или шкалах);
- допущение о достоверности результатов ИМ в рамках принятой постановки задачи и метода.

Представленные допущения выявлены при посредстве логического подхода к идентификации [3], который отталкивается от идеализированных представлений о доказательном методе идентификации и направлен на проявление гипотез, за счет которых предлагаемый метод мог бы стать доказательным. Гипотетические возможности субъектов, вовлекаемых в процесс решения прикладной задачи согласно постановке задачи и схеме ее решения в рамках парадигмы, оценивались в контексте практических целей и возможностей в типовых моделируемых ситуациях.

3 Некоторые ограничения и их анализ

3.1 Ограничения, связанные с базовой схемой решения задачи прогнозирования

1) Имеет место конфликт формальной постановки базовой задачи ИМ с практическими потребностями и возможностями, включая не только объективные аспекты, но и возможности и ограничения «человеческой подсистемы переработки информации», в терминах О.И.Ларичева. Этот конфликт, грубо говоря, означает, что ИМ в рамках базовой задачи вычисляет лишнее, требует лишнего, ограничивает способы воздействия на ситуацию извне, не учитывает возможности использовать знания о предыстории, часто доступные на практике, и др.

2) Ограничения по временному аспекту ИМ реальных динамических ситуаций включают:

- условность понятий «момент времени» и «такт» без учета способа фиксации наблюдаемого времени и его масштаба времени, а также производных понятий «состояние в момент времени t» или «состояние в начальный момент времени», если они относится к переходному процессу;
- умолчание формальных допущений об одинаковости задержек от причины к ближайшим, согласно модели, следствиям и о постоянстве этих задержек;
- игнорирование проблемы состязаний, хорошо исследованной для технических систем, и неопределенностей в прогнозируемой динамике, скрытых из-за названных допущений.

Следствием ограничений, явно или неявно заложенных в парадигму, фактически является недостаточная достоверность идентификации «начального состояния» в реальных ситуациях и прямые ошибки, которых не предвидят носители парадигмы. В частности, встречаются ошибки с

неправдоподобным поведением модели , из-за смешения масштабов времени отдельных влияний в одной модели, которое не контролируется при ее составлении . (См., например, [6].)

3.2 Применение безразмерных универсальных шкал при оценивании параметров моделей

Из практики известно, что в разных прикладных областях принятая парадигма доверия экспертным возможностям, опирающаяся на идею компетентности экспертов, сталкивается с «аномалиями» в силу фактического действия таких факторов как объективно недостаточная, в общем случае, наблюдаемость переменных в предлагаемой модели знаний или осведомленность и др.

Значимый аспект доверия экспертным возможностям в области КМ связан с применением предопределенных универсальных безразмерных шкал для оценки параметров конкретной модели (весов влияний, значений переменных или их приращений), какие бы шкалы при этом ни предлагались: с нечеткими вербальными значениями типа «сильно», «слабо», или числовые, или сдвоенные. Проблема с универсальностью объективно означает, что такая шкала применительно к каждой конкретной переменной допускает различные интерпретации, по крайней мере, – из-за различия возможных масштабов шкалы. Тем самым, по умолчанию, вводится немотивированное, в общем случае, допущение, что эксперт для каждого оцениваемого параметра владеет индивидуальной шкалой, которая интерпретирует универсальную. Проблема усугубляется при оценке весов влияний, т.к. формально требуется согласованность интерпретаций разных шкал [2].

Существенно, что лишь некоторые теоретики и разработчики информационных технологий и СППР в КМ, замечают данную проблему шкал и предлагают пути решения, так или иначе связанные с введением интерпретации [2,4,5 и др.], при ее полном игнорировании подавляющим большинством специалистов. Тем самым, действующая парадигма оказывается рискованной в данном аспекте.

4 Основные выводы и рекомендации

1. Несмотря на известные прикладные успехи КМ, в том числе, в области крупномасштабных систем и их развития, современная парадигма КМ несет в себе различные ограничения и трудности для практики, создавая риски для достоверности результатов решения конкретных проблем.

2. Прослеживается связь между спектром ограничений и тем, что формализованные модели и допущения в составе парадигмы, в общем случае, неадекватны практике, включая соответствие как моделируемой реальности, так и возможностям и \ или интересам вовлеченных субъектов.

3. Обновление парадигмы КМ целесообразно, по крайней мере, по двум направлениям:

- обязательность пошаговой верификации в ходе решения задач, с обеспечением информированности вовлеченных субъектов о рискованных свойствах моделей и инструментальной поддержки;
- усовершенствование формальной постановки задачи ИМ при прогнозировании развития ситуаций, по крайней мере, путем привлечения классической теории синхронных автоматов с ее понятием устойчивого (наблюдаемого) состояния и концепцией быстрого и медленного времени.

4. Подход к учету роли парадигм при оценке достоверности конечных результатов представляется применимым к различным направлениям в рамках теории и методологии управления развитием крупномасштабных систем.

Литература

1. *Кун Т.* Структура научных революций: Пер. с англ. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2001. – 608с.
2. *Abramova N.A., Telitsyna T.A.* An approach to analysis of expert estimation validity in cognitive mapping // IFAC Conference on Manufacturing, Modelling, Management and Control. MIM, 2013. pp. 927 – 932
3. *Абрамова Н.А* Логический подход к анализу достоверности идентификации // Проблемы управления. – 2005, № 5 – С.77-82.
4. *Кулинич А.А.* Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва». // Программные продукты и системы №3, 2002. – С. 25-28
5. *McLucas A.* Improving causal mapping practice using the system dynamics ‘front-end’ tool // Proc. in the 20th International System Dynamics Conference. The System Dynamics Society, Palermo, Italy, 2002
6. *Абрамова Н.А., Коврига С.В., Порцев Р.Ю.* О развитии рефлексивного подхода к анализу обоснования субъективных управленческих решений посредством когнитивного моделирования // Управление большими системами. 2018. вып. 76. С. 26-68.

КРИТЕРИЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ СПЕКТРА МАТРИЦЫ В ОБЛАСТИ, ОГРАНИЧЕННОЙ ЭЛЛИПСОМ, С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЯ КРЕЙНА

Агаев Р.П.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
agaraf3@gmail.com

Аннотация: Тезисы посвящены проблеме локализации собственных значений матрицы лапласовской матрицы орграфа связей многоагентной системы. Получено выражение для решения уравнения Крейна. Данное выражение обобщает результат, ранее полученный для уравнения Ляпунова с простой матрицей. Получено условие принадлежности спектра матрицы области, ограниченной эллипсом.

Ключевые слова: локализация спектра, уравнение Крейна, лапласовские матрицы.

Введение

Локализация собственных значений (спектра) матрицы, принадлежащей определенному классу матриц, играет важную роль в различных задачах управления. Например, в многоагентных системах с информационными связями такая задача возникает во всех протоколах согласования (консенсуса) характеристик агентов. Для конкретной матрицы вычисление спектра не составляет никакого труда. Однако, проблема локализации спектра матрицы из некоторого класса, без вычисления спектра, является сложной задачей. В настоящей работе с помощью уравнение М.Г. Крейна рассматривается критерий принадлежности спектра области, ограниченной эллипсом. Принадлежность спектра области, ограниченной эллипсом, также изучена в ряде работ (см., например, [2]). Однако в [2] используются след, норма и др. числа, связанные с матрицей.

1 Протоколы консенсуса для многоагентных систем с информационными связями

Рассмотрим некоторые базовые протоколы многоагентных систем из n агентов с информационными связями.

Пусть $\xi_i(t)$ – состояние -го агента и $a_{ij} \geq 0$ вес дуги (j,i) в орграфе связей, который соответствует степени влияния j-го агента на i-го. Рассмотрим следующий протокол [3,4] достижения консенсуса:

(1) $\dot{\xi}_i = -\sum_{j=1} a_{ij}(\xi_i - \xi_j)$.

Уравнение (1) выпишем в матричной форме:

(2) $\dot{\xi} = -L\xi$,

где $\xi = (\xi_1, .., \xi_n)^{\mathrm{T}}$ и $L = (l_{ij})$ лапласовская матрица, которая определена следующим образом: $l_{ii} = \sum_{j \neq i} a_{ij}$ and $l_{ij} = -a_{ij}$. Целью протокола является достижение условия $|\xi_i - \xi_j| \to 0$ при $t \to \infty$. Консенсус, т.е. значение, к которому должны прийти агенты, равно $\bar{\xi} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)(\xi_1(0), .., \xi_n(0))^{\mathrm{T}}$, где $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)^{\mathrm{T}}$ левый собственный вектор для нулевого собственного значения матрицы L. Для системы с ориентированным графом связей скорость сходимости можно задать наименьшей действительной частью собственных значений матрицы L. Иногда в качестве скорости сходимости используют наименьшее характеристическое число симметричной матрицы $(L + L^{\mathrm{T}})/2$.

А теперь рассмотрим более общую модель достижения согласия – модель второго порядка [5]:

(3) $\begin{bmatrix} \dot{\xi}(t) \\ \dot{\zeta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0_{n\times n} & I_n \\ -L & -\gamma L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi(t) \\ \zeta(t) \end{bmatrix}$,

где ξ и ζ – векторы состояний и скоростей агентов из множества $\{1,...,n\}$, γ – коэффициент пересчета (scaling factor), а L – лапласовская матрица орграфа влияний между агентами. Цель протокола (1) – при $t \to \infty$ обеспечить $|\xi_i - \xi_j| \to 0$, $|\zeta_i - \zeta_j| \to 0$.

Необходимым и достаточным условием достижения консенсуса в системе с протоколом (2) является единственность нулевого собственного значения лапласовской матрицы орграфа связей. А скорость сходимости модели (2) для неориентированного графа определяется наименьшим ненулевым собственным значением. Однако для моделей второго порядка (3) это условие не является достаточным для достижения консенсуса. Дополнительное условие для согласования характеристик возникает при наличии комплексных собственных чисел среди собственных значений лапласовской матрицы L. Это и ряд других проблем, возникшие при синхронизации характеристик и

движении по заданной конфигурации [6] требуют исследования области локализации спектра лапласовских матриц.

2 Выражение для решения уравнения Крейна

Пусть A – квадратная матрица порядка n с простыми собственными значениями.

Рассмотрим частный случай уравнения Крейна

$$(4) \quad \sum_{j,k}^{N} a_{jk}(A^*)^j H A^k = C,$$

и пусть

$$P(\lambda,\mu) = \sum_{j,k}^{N} a_{jk}\lambda^j \mu^k,$$

где λ и μ – собственные значения матриц A^* и A, соответственно.

Если выполнено условие

$$P(\lambda_s, \mu_r) \neq 0,$$

то уравнение (4) имеет единственное решение (см. например, [1])

$$(5) \quad H = \frac{1}{(2\pi i)^2} \int_{\gamma_A} \int_{\gamma_{A^*}} \frac{1}{P(\lambda,\mu)} (\lambda I - A^*)^{-1} C (\mu I - A)^{-1} d\lambda \, d\mu .$$

Теорема 1. $H = S(Q \circ (S^{-1}C(S^*)^{-1}))S^*$, где $\circ$ – знак произведения по Шуру (Адамару), $Q = (q_{kj})$, где $q_{kj} = \frac{1}{P(\lambda_k,\mu_j)}$.

Доказательство теоремы 1. Пусть Z_{k1} – компоненты матрицы B, соответствующие k-му собственному значению. Согласно формуле (см. гл. 5 в [7])

$$\frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma_B} (\mu I - B)^{-1} f(\lambda) d\lambda = \sum_{k=1}^{n} f(\lambda_k) Z_{k1},$$

решение (5) перепишем следующим образом

$$(6) \quad H = \frac{1}{(2\pi i)^2} \int_{\gamma_A} \int_{\gamma_{A^*}} \frac{1}{P(\lambda,\mu)} (\lambda I - A^*)^{-1} C (\mu I - A)^{-1} d\lambda \, d\mu$$

$$= \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma_A} \sum_{k=1}^{s} \frac{1}{P(\lambda_k,\mu)} \underset{Z_{k1}^*}{C} (\mu I - A)^{-1} d\mu = \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{P(\lambda_k,\mu_j)} Z_{k1}^* \, C \, Z_{j1}.$$

Пусть S – невырожденная матрица и $S^{-1}A^*S = \Lambda$, где Λ – диагональная матрица из собственных значений матрицы A^*. Теперь каждый член $Z_{k1}^* C Z_{j1}$ в (4) представим как

$$(7) \quad q_{jk} S S^{-1} Z_{j1}^* S S^{-1} C \, (S^*)^{-1} S^* Z_{k1} (S^*)^{-1} S^*.$$

Легко можно доказать, что для каждого k имеет место: а) $S^* Z_{k1} (S^*)^{-1} = D_k$; б) $S^{-1} Z_{j1}^* S = D_j$ где D_i – диагональная матрица, у которой только i-й диагональный элемент равен 1, а остальные элементы – нулю.

Тогда (7) можно представить как

$$(8) \quad q_{jk} S S^{-1} Z_{j1}^* S S^{-1} C \, (S^*)^{-1} S^* Z_{k1} (S^*)^{-1} S^* = q_{jk} S \Lambda_j S^{-1} C \, (S^*)^{-1} \Lambda_k S^* = S(E_{jk} \circ (S^{-1} C (S^*)^{-1})) S^*,$$

где E_{jk} – матрица, у которой только элемент на j-й строке и k-м столбце равен q_{jk}, а остальные – нулю.

Применив формулу (8) к каждому члену, мы получим

$$(9) \quad H = \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} q_{kj} Z_{k1}^* \, C \, Z_{j1} = S(Q \circ (S^{-1} C (S^*)^{-1})) S^*.$$

В доказанной теореме обобщен результат, полученный в [8] для уравнения Ляпунова.

3 О локализации спектра нормированных лапласовских матриц

Пусть $A-$ квадратная матрица, $\sigma(A)-$ совокупность всех собственных значений A, $\mathcal{E}-$ область ограниченной эллипсом

$$\mathcal{E}=\left\{\lambda=u+iv:\ \frac{u^2}{a^2}+\frac{v^2}{b^2}<1\right\}.$$

Рассмотрим уравнение Крейна следующего вида

(10) $H-\left(\frac{1}{2\cdot a^2}+\frac{1}{2\cdot b^2}\right)A^*HA-\left(\frac{1}{4\cdot a^2}-\frac{1}{4\cdot b^2}\right)\left(HA^2+{A^*}^2H\right)=C.$

Известно (стр. 58 в [1]), что спектр матрицы A принадлежит области $\mathcal{E}$ тогда и только тогда, когда существует эрмитово положительно определенное решение H уравнения (7) при любой положительно определенной матрице C. Применим данный результат для нормированных лапласовских матриц L орграфа коммуникаций, веса дуг которых меньше $1/n$. В [9] доказано, что действительные части собственных значений принадлежат интервалу (0, 1), а мнимые части - $\left[-\frac{1}{\pi},\ +\frac{1}{\pi}\right]$. Для таких матриц формула (10) будет иметь вид:

(11) $H-\left(2+\frac{\pi^2}{2}\right)L_0^*HL-\left(1-\frac{\pi^2}{4}\right)\left(HL_0^2+{L_0^*}^2H\right)=C,$

где $L_0=L-0{,}5\ I$.

Уравнению (11) соответствует полином

$$P(\lambda,\mu)=P(\bar{\mu},\mu)=\sum_{j,k}^{2}a_{jk}\bar{\mu}^j\mu^k.$$

Тогда

$$P(\bar{\mu}_s,\mu_k)=1-\left(2+\frac{\pi^2}{2}\right)\bar{\mu}_s\mu_k-\left(1-\frac{\pi^2}{4}\right)\left(\bar{\mu}_s^2+\mu_k^2\right)=1-(\bar{\mu}_s+\mu_k)^2+\frac{\pi^2}{4}(\bar{\mu}_s-\mu_k)^2.$$

Легко можно установить, что для нормированных лапласовских матриц верно $\mathrm{Re}\ P(\bar{\mu}_s,\mu_k)>0$, то выполняется условие теоремы Крейна и уравнение (11) всегда будет иметь единственное решение

(12) $H=S(Q\circ(S^{-1}C(S^*)^{-1}))S^*$

при любой положительно определенной матрице C. Однако спектр принадлежит области, ограниченной заданным эллипсом, в том случае, когда решение H также является положительно определенной матрицей. Из явного выражения (12) и теоремы Шура о произведении Шура (см. теорему 5.2.1 в [8]) непосредственно следует, что H является положительно определенной тогда, когда матрица Q – положительно определена. Однако является ли положительная определенность Q и необходимым условием для положительной определенности матрицы H в данной работе не исследуется и заслуживает отдельного исследования.

Литература

1. Демиденко Г.В. Матричные уравнения. – Новосибирск. Наука, 2009. – 203с.

2. Rojo O., Soto R. L., Avila T., Rojo H. Localization of eigenvalues in elliptic regions. Computers & Mathematics with Applications. 1995. Vol. 29. №. 7. – P. 3-11.

3. Olfati-Saber R. Flocking for multi-agent dynamic systems: Algorithms and theory. Transactions on Automatic Control. 2006. Vol. 51. No. 3. P. 401-420.

4. Jadbabaie A., Lin J., Morse A. S. Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules. Departmental Papers (ESE). 2003. – P.986-1001.

5. Ren W., Atkins E. Distributed multi-vehicle coordinated control via local information exchange. International Journal of Robust and Nonlinear Control. –2007. –V. 17. –No. 10-11. –P. 1002–1033.

6. Veerman J.J.P., Lafferriere G., Caughman J.S., and Williams A., Flocks and Formations, J. Statist. Physics, 2005, vol. 121, no. 5–6, pp. 901–936.

7. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М. Наука, 1966. – 576с.

8. Horn R. A., Johnson C. R. Topics in matrix analysis, 1991. Cambridge University Press, Cambridge.

9. Agaev R., Chebotarev P. On the spectra of nonsymmetric Laplacian matrices. Linear Algebra and its Applications. 2005. Vol. 399. – C. 157-168.

СВОЙСТВА ПРОЦЕДУРЫ УПОРЯДОЧЕНИЯ В СЦЕНАРНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПО CC-VAR[44]

Агасандян Г.А.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, г. Москва
agasand17@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена проблемам применения введенного автором континуального критерия VaR (CC-VaR) на дискретных сценарных рынках. Основные теоретические положения разработанного ранее континуального алгоритма построения оптимального по CC-VaR предназначены для теоретического рынка с континуальным базовым активом. Но основные приложения методологии CC-VaR связаны с дискретными рынками. В работе речь идет об адаптации этого алгоритма к сценарным рынкам путем проецирования на него континуального алгоритма. Изучаются основные свойства составляющей сердцевину алгоритма процедуры упорядочения сценариев по величине относительного дохода.

Ключевые слова: континуальный критерий VaR, сценарный рынок, алгоритм оптимизации, процедура Неймана-Пирсона, доход, инвестиционная сумма.

Введение

В [1, 2, 4] рассматривались проблемы применения CC-VaR на теоретическом идеальном однопериодном рынке с одним базовым активом. Однако основные приложения методологии CC-VaR связаны с дискретными рынками. При этом речь идет либо о сценарном рынке, либо о дискретном по страйкам рынке опционов. Но в любом случае базовый актив остается прежним – континуальным в отношении множества его будущих цен.

Рассматривается адаптация континуального алгоритма построения оптимального портфеля к сценарному рынку. При этом адаптация проводится в нескольких вариантах, и связаны они с назначением портфельных весов.

На дискретных рынках, в отличие от теоретических, не удается, как правило, получать *адекватные* решения [1-3], так как структура таких рынков противоречит континуальности ф.р.п. инвестора и его прогнозу рынка. Тем не менее решения можно рассматривать как приближенные.

Сценарный рынок

Основной теоретической моделью рынка, на котором инвестор находит адекватное отражение своих рисковых предпочтений, встроенных в CC-VaR, служит δ-рынок, рассмотренный в [1-4]. Конструкции этого рынка мы используем как отправной пункт для формирования дискретного сценарного рынка. Оптимальный портфель инвестора на δ-рынке служит также эталоном, с которым сравниваются прочие портфели, получаемые в результате применения различных способов дискретизации теоретического рынка.

Обозначаем через $\mathsf{X}=[a, b)$ множество цен базового актива. Заданы плотности $c(x)$ и $p(x)$, $x \in \mathsf{X}$, определяющие меры $\mathsf{C}\{\cdot\}$ и $\mathsf{P}\{\cdot\}$ соответственно. Сценарная дискретизация теоретического рынка определяется разбиением множества X. На нем заданы n сценариев $S_i \subset \mathsf{X}$, $i \in I$, $I = \{1, 2,\ldots, n\}$, образующие полную группу событий, т.е. $S_i \cap S_j = \varnothing$, $i \neq j$, и $\mathsf{X} = \cup_{i\in I} S_i$. Для простоты считаем разбиение равномерным: $S_i = [x_{i-1}, x_i)$, где $x_0 = a$, $x_i = a + ih$, $h = (b - a)/n$, $i \in I$.

На сценарном рынке базисными инструментами служат дискретные аналоги инструментов $\boldsymbol{D}(s)$ теоретического рынка – индикаторы сценариев $\boldsymbol{D}_i = \boldsymbol{H}\{S_i\}$, $i \in I$; при этом $\sum_{i\in I} \boldsymbol{D}_i = \boldsymbol{U}$. Их платежные функции $\pi(x; \boldsymbol{D}_i) = \chi_i(x)$, где $\chi_i(x)$ – характеристическая функция множества S_i, равная единице при $x \in S_i$ и нулю при $x \notin S_i$. Возможность торговать произвольными выпуклыми комбинациями базисных инструментов позволяет инвестору строить портфели, обеспечивающие произвольный вектор доходов с неотрицательными компонентами. Так, вектор доходов $\boldsymbol{g} = \{g_1, g_2, \ldots, g_n\}$ реализуется портфелем базисных инструментов $\boldsymbol{G} = \sum_{i\in I} g_i \boldsymbol{D}_i$. Его рыночная цена $|\boldsymbol{G}| = \sum_{i\in I} g_i c_i$, а средний доход – $\|\boldsymbol{G}\| = \sum_{i\in I} g_i p_i$. С индикаторами связаны неотрицательные *стоимостный* вектор $\boldsymbol{c} \equiv \{c_i, i \in I\}$ и *прогнозный* вектор $\boldsymbol{p} \equiv \{p_i\}$, где

$$(1) \qquad c_i = |\boldsymbol{D}_i| = \int_{x_{i-1}}^{x_i} c(x)\,dx = \int_{\mathsf{X}} \chi_i(x) c(x)\,dx, \quad p_i = \|\boldsymbol{D}_i\| = \int_{x_{i-1}}^{x_i} p(x)\,dx = \int_{\mathsf{X}} \chi_i(x)\, p(x)\,dx, \quad i \in I.$$

Очевидно, $c_i = \mathsf{E}_{\mathsf{C}}\chi_i(x)$, $p_i = \mathsf{E}_{\mathsf{P}}\chi_i(x)$, $i \in I$, где переменная x интерпретируется как случайная по мерам $\mathsf{C}\{\cdot\}$ и $\mathsf{P}\{\cdot\}$ соответственно, а E_{C}, E_{P} – символы образования математического ожидания. Континуальный критерий VaR состоит в требовании выдерживать континуальное множество

[44] *Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-01-00816).*

вероятностных ограничений на доходы: $\mathsf{P}\{q \geq \phi(\varepsilon)\} \geq 1-\varepsilon$ для всех $\varepsilon \in [0, 1]$, где q – доход, $\phi(\varepsilon)$ – функция рисковых предпочтений инвестора.

Дискретный алгоритм оптимизации

Дискретный алгоритм оптимизации портфеля формируется простым проецированием континуального алгоритма [1-4] на сценарный рынок. При заданных векторах $\boldsymbol{c}$ и $\boldsymbol{p}$ (1) сначала производится упорядочение сценариев по величине относительного дохода $\rho_i = p_i/c_i$, $i \in I$, а затем веса портфеля из инструментов $\boldsymbol{D}_i$, $i \in I$, назначаются в соответствии с вероятностями сценариев и ф.р.п. инвестора. Упорядочение сценариев производится процедурой Неймана-Пирсона, заимствованной из теории математической статистики и обладающей определенными свойствами оптимальности [5]. Она и составляет сердцевину алгоритма нарождения оптимального портфеля.

Дискретный алгоритм построения оптимального портфеля описывается следующей последовательностью обозначений и операций, при этом $i, j \in I$, а функции $\mathsf{f}_\mathsf{P}(\tau)$, $\mathsf{f}_\mathsf{P}(\tau)$, $\gamma(\varepsilon)$ и $w(x)$ являются атрибутами континуального алгоритма и аналогом вводимых далее дискретных характеристик:

$\boldsymbol{\rho} = \{\rho_1,\rho_2,\ldots,\rho_n\}$ – вектор относительных доходов $\rho_i = p_i/c_i$, дискретный аналог функции относительных доходов $\rho(x)$;

$\boldsymbol{\xi} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\rho})$ – вектор, задающий на множестве сценариев позиции компонент вектора $\boldsymbol{\rho}$ в порядке возрастания; $\mathbf{O}$ – соответствующее преобразование;

$\boldsymbol{\eta} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\xi}) = \mathbf{O}^2(\boldsymbol{\rho})$ – вектор, обратный к $\boldsymbol{\xi}$: если $\xi_i = j$, то $\eta_j = i$; компонента η_j означает номер дохода ρ_j в вариационном ряду, построенном для вектора $\boldsymbol{\rho}$; при этом также и $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\eta})$;

$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\rho}(\boldsymbol{\xi})$ – вектор относительных доходов с упорядоченными по возрастанию компонентами;

$\boldsymbol{\Xi} = \{y_{ij}\}$, где $y_{ij} = 1$, если $\xi_i = j$, и $y_{ij} = 0$, если $\xi_i \neq j$; матрица реализует преобразование $\mathbf{O}$; имеют место равенства $\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\Xi}\,\boldsymbol{\xi}$, $\boldsymbol{\xi} = \boldsymbol{\Xi}^{-1}\boldsymbol{\eta}$;

$\mathbf{H} = \{\eta_{ij}\}$, где $\eta_{ij} = 1$, если $\eta_i = j$, и $\eta_{ij} = 0$, если $\eta_i \neq j$; реализует преобразование $\mathbf{O}^2$; имеют место равенства $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{H}\,\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{H}^{-1}\boldsymbol{\xi}$; т.е. верны соотношения $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{H}^{-1}\boldsymbol{\xi} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\xi})$ и $\boldsymbol{\xi} = \boldsymbol{\Xi}^{-1}\boldsymbol{\eta} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\eta})$;

$\mathbf{T} = \{t_{ij}\}$, где $t_{ij} = 1$, если $i \leq j$, и $t_{ij} = 0$, если $i > j$; $\mathbf{T}$ – треугольная матрица, применяемая для последовательного суммирования компонент векторов, начиная с первой;

$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{\Xi}\,\boldsymbol{p} = \boldsymbol{p}(\boldsymbol{\xi})$ – подстановка вектора $\boldsymbol{p}$ (суперпозиция $\boldsymbol{p}$ и $\boldsymbol{\xi}$), компоненты которой упорядочены по возрастанию компонент вектора $\boldsymbol{\rho}$; обратно, верны равенства $\boldsymbol{p} = \boldsymbol{\Xi}^{-1}\boldsymbol{d} = \boldsymbol{d}(\boldsymbol{\eta})$;

$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{T}\,\boldsymbol{d}$ – вектор кумулятивных вероятностей для вектора $\boldsymbol{d}$;

$\boldsymbol{f} = \boldsymbol{\Xi}\,\boldsymbol{c} = \boldsymbol{c}(\boldsymbol{\xi})$ – подстановка $\boldsymbol{c}$, компоненты которой упорядочены по возрастанию компонент вектора $\boldsymbol{\rho}$; обратно, $\boldsymbol{c} = \boldsymbol{\Xi}^{-1}\boldsymbol{f} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{\eta})$;

$\boldsymbol{\gamma} = \mathbf{T}\,\boldsymbol{f}$ – вектор кумулятивных цен для вектора $\boldsymbol{f}$;

$(\boldsymbol{\tau},\boldsymbol{\varepsilon})$ – пара векторов, задающая отображение $\boldsymbol{\tau} \to \boldsymbol{\varepsilon}$, аналог прогнозной функции $\mathsf{f}_\mathsf{P}(\tau)$;

$(\boldsymbol{\tau},\boldsymbol{\gamma})$ – пара векторов, задающая отображение $\boldsymbol{\tau} \to \boldsymbol{\gamma}$, аналог стоимостной функции $\mathsf{f}_\mathsf{C}(\tau)$;

$(\boldsymbol{\varepsilon},\boldsymbol{\gamma})$ – пара векторов, задающая отображение $\boldsymbol{\varepsilon} \to \boldsymbol{\gamma}$, аналог диссонанты $\gamma(\varepsilon)$;

$\boldsymbol{\omega} = \boldsymbol{\varepsilon}(\boldsymbol{\eta})$ – подстановка $\boldsymbol{\varepsilon}$ с исходным порядком компонент, аналог функции упорядочения $w(\cdot)$.

Принимается еще $\varepsilon_0 = 0$, $\gamma_0 = 0$ (без включения их в соответствующие векторы). □

Специфическая часть алгоритма связана с назначением весов базисных инструментов в портфеле – векторами $\boldsymbol{b}$ и $\boldsymbol{g}$. Первый из них показывает веса в порядке возрастания компонент вектора $\boldsymbol{\rho}$, а второй – в исходном порядке. Вектору $\boldsymbol{g}$ соответствует вектор вероятностей $\boldsymbol{p}$, а вектору $\boldsymbol{b}$ – вектор $\boldsymbol{d}$. Сначала назначается вектор $\boldsymbol{b}$, а на его основе определяется вектор $\boldsymbol{g}$ по формуле

$$\boldsymbol{g} = \boldsymbol{\Xi}^{-1}\boldsymbol{b} = \boldsymbol{b}(\boldsymbol{\eta}) = \mathbf{H}\boldsymbol{b} \quad (\boldsymbol{b} = \boldsymbol{\Xi}\,\boldsymbol{g} = \boldsymbol{g}(\boldsymbol{\xi}) = \mathbf{H}^{-1}\boldsymbol{g}).$$

Зная вектор $\boldsymbol{b}$, можно определить и функцию распределения $\mathsf{F}(z)$ портфельного дохода:

$$\mathsf{F}(z) = \sum\nolimits_{i \in I} d_i \chi_{[b_i,\infty)}(z) = \sum\nolimits_{i:b_i \leq z} d_i = \{\varepsilon_i,\ b_i \leq z < b_{i+1},\ i \in I_0\},$$

где $b_0 = 0$, $\mathsf{F}(b_0^-) = 0$; $b_{\nu+1} = \phi(1)$, $\mathsf{F}(b_{\nu+1}) = 1$, $I_0 = I \cup \{0\}$, а $\chi_M(\cdot)$ – характеристическая функция множества $M \subset \Re$.

Наиболее естественным и простым (*каноническим*) способом назначения весов служит вектор $\boldsymbol{b} = \phi(\boldsymbol{\varepsilon})$ (или $\boldsymbol{g} = \phi(\boldsymbol{\omega})$). Именно этот способ обеспечивает полное выполнение всей системы неравенств CC-VaR. При иных способах, сохраняющих порядок $\boldsymbol{\xi}$, происходят некоторые незначительные нарушения CC-VaR, но получаемые решения в некотором смысле даже точнее отражают суть проблемы. В этом отношении интересно интегральное осреднение в пределах сценариев:

$$b_i = \int_{\varepsilon_{i-1}}^{\varepsilon_i} \phi(z)\,dz \Big/ (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}), \quad i \in I.$$

Как и в [1-3], основными числовыми показателями построенных портфелей служат инвестиционная сумма A, средний доход R, средняя доходность y, стандартное отклонение доходности σ, образующие запись результатов $\boldsymbol{J} = \langle A, R, y, \sigma\rangle$. Они получаются по единым формулам, но в каждом варианте используется свой вектор $\boldsymbol{b}$ и потому $\boldsymbol{g} = \mathbf{H}\boldsymbol{b}$:

$A = (\boldsymbol{g}, \boldsymbol{c}) = (\boldsymbol{b}, \boldsymbol{f})$, $R = (\boldsymbol{g}, \boldsymbol{p}) = (\boldsymbol{b}, \boldsymbol{d})$, $y = R/A - 1$, $\sigma = ((\boldsymbol{g} - R)^2/A^2, \boldsymbol{p})^{1/2}$.

Здесь $(\boldsymbol{u}, \boldsymbol{v})$ означает скалярное произведение векторов $\boldsymbol{u}$ и $\boldsymbol{v}$.

При решении конкретных задач для нахождения оптимальных весов базисных инструментов достаточно воспользоваться его краткой версией:

$\boldsymbol{\rho} = \boldsymbol{p}/\boldsymbol{c}$; $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\rho})$; $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\xi})$; $\boldsymbol{d} = \boldsymbol{p}(\boldsymbol{\xi})$; $\mathbf{T} = [t_{ij}]$, $t_{ij} = \{1, i \le j;\ t_{ij} = 0, i > j\}$,

$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{T}\,\boldsymbol{d}$; $\boldsymbol{b} = \phi(\boldsymbol{\varepsilon})$; $\boldsymbol{g} = \boldsymbol{b}(\boldsymbol{\eta})$.

Свойства процедуры упорядочения

Все векторы здесь считаются столбцами. Для произвольного вектора сценарных относительных доходов $\boldsymbol{\rho}$ обозначим через $\boldsymbol{\rho}'$ подстановку вектора $\boldsymbol{\iota} = \{1, 2, \ldots, n\}$ $(= I)$, являющуюся результатом монотонного преобразования $\boldsymbol{\rho}$ на $\boldsymbol{\iota}$. Иными словами, $\rho'(i)$, $i \in I$, означает порядковый номер элемента $\rho(i)$ в векторе $\boldsymbol{\rho}$. Если, например, $\boldsymbol{\rho} = \{1.5, 0.7, 1.0, 0.6, 1.2\}$, то $\boldsymbol{\rho}' = \{5, 2, 3, 1, 4\}$.

Построим вектор $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\rho})$ как результат проведения процедуры упорядочения $\mathbf{O}(\cdot)$ с вектором $\boldsymbol{\rho}$ (или, что то же, $\boldsymbol{\rho}'$), т.е. $\xi(i)$ $(= k)$ дает позицию i-го по величине элемента $\rho(k)$ вектора $\boldsymbol{\rho}$. Имеем $\boldsymbol{\xi} = \{4, 2, 3, 5, 1\}$. Аналогично можно построить вектор $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\xi})$, т.е. $\eta(i)$ $(= k)$ дает позицию i-го по величине элемента $\xi(k)$ вектора $\boldsymbol{\xi}$ и $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\eta})$. Имеет место равенство $\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\rho}' = \{5, 2, 3, 1, 4\}$.

Матрицы $\boldsymbol{\Xi}$ и $\mathbf{H}$ обладают очевидными свойствами, непосредственно вытекающими из их определения ($\mathbf{I}_n$ – единичная матрица):

$\boldsymbol{\Xi} = \mathbf{H}^{-1} = \mathbf{H}^T$; $\mathbf{H} = \boldsymbol{\Xi}^{-1} = \boldsymbol{\Xi}^T$; $\boldsymbol{\Xi} = \mathbf{H}^2$; $\mathbf{H} = \boldsymbol{\Xi}^2$; $\boldsymbol{\Xi}^3 = \mathbf{H}^3 = \mathbf{I}_n$.

Справедливы также соотношения

(2) $\boldsymbol{\xi} = \boldsymbol{\Xi}\,\boldsymbol{\iota}$, $\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\Xi}^2\boldsymbol{\iota}$, $\boldsymbol{\iota} = \boldsymbol{\Xi}^3\boldsymbol{\iota}$; $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{H}\,\boldsymbol{\iota}$, $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{H}^2\boldsymbol{\iota}$, $\boldsymbol{\iota} = \mathbf{H}^3\boldsymbol{\iota}$;

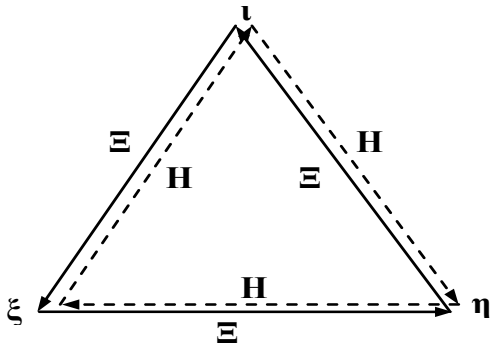
$\boldsymbol{\xi} = \boldsymbol{\Xi}\,\boldsymbol{\iota} = \mathbf{H}\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\Xi}^{-1}\boldsymbol{\eta} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\eta})$; $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{H}\,\boldsymbol{\iota} = \boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{\xi} = \mathbf{H}^{-1}\boldsymbol{\xi} = \mathbf{O}(\boldsymbol{\xi})$; $\boldsymbol{\xi}(\boldsymbol{\eta}) = \boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\iota} = \mathbf{H}\boldsymbol{\xi} = \boldsymbol{\eta}(\boldsymbol{\xi})$.

Применение этих соотношений к векторам дискретного алгоритма $\boldsymbol{c}$, $\boldsymbol{p}$, $\boldsymbol{f}$, $\boldsymbol{d}$, первые два из которых означают сценарные векторы прогноза и цен в исходном порядке, а последние два – те же векторы, но в порядке возрастания относительных доходов, дает дополнительные соотношения

$\boldsymbol{f} = \boldsymbol{c}(\boldsymbol{\xi}) = \boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{c}$, $\boldsymbol{c} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{\eta}) = \mathbf{H}\boldsymbol{f}$;

$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{p}(\boldsymbol{\xi}) = \boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{p}$, $\boldsymbol{p} = \boldsymbol{d}(\boldsymbol{\eta}) = \mathbf{H}\boldsymbol{d}$.

Графическая иллюстрация свойства (2) приводится на схеме.



Литература

1.*Agasandian G. A.* Optimal Behavior of an Investor in Option Market / International Joint Conference on Neural Networks. The 2002 IEEE World Congress on Computational Intelligence (Honolulu, Hawaii, Mai 12-17, 2002). – P. 1859-1864.

2. *Агасандян Г.А.* Применение континуального критерия VaR на финансовых рынках. М.: ВЦ РАН, 2011. 299 с.

3. *Агасандян Г.А*. Континуальный критерий VaR на многомерных рынках опционов. М.: ВЦ РАН, 2011. 297 с.

4. *Агасандян Г.А.* Континуальный критерий VaR и оптимальный портфель инвестора // Управление большими системами. // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН, 2018. Вып. 73. С. 6-26.
5. *Крамер Г.* Математические методы статистики / Пер. с англ.– М.: Мир, 1975. 750 с. (Cramer H. Mathematical methods of statistics. – Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1946. 575 p.)

ОПЦИОННАЯ МОДИФИКАЦИЯ СЦЕНАРНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ПО CC-VAR[45]

Агасандян Г.А.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, г. Москва
agasand17@yandex.ru

Аннотация. *В рамках проблем применения континуального критерия VaR (CC-VaR) на финансовых рынках предлагается адаптация континуального алгоритма построения оптимального портфеля к опционному рынку. Дискретный алгоритм получается простым проецированием теоретического алгоритма, разработанного ранее для идеального одноперiодного рынка с одним базовым активом, с заменой сценарных базисных инструментов простейшими нормированными баттерфляями. Приводится также расширенная версия алгоритма для базиса из элементарных инструментов – линейных комбинаций базисных баттерфляев. В качестве элементарных естественно использовать инструменты, непосредственно котирующиеся на рынке. Обсуждаются варианты выбора таких базисов и то, как при этом избежать проблемных базисов.*

Ключевые слова: континуальный критерий VaR, сценарный рынок, алгоритм оптимизации, процедура Неймана-Пирсона, доход, инвестиционная сумма.

Введение

Проблемы применения континуального критерия VaR (CC-VaR) на теоретическом идеальном одноперiодном рынке с одним базовым активом рассматривались в [1-4]. Однако основные приложения методологии CC-VaR связаны с дискретными рынками – сценарным и дискретным по страйкам рынках опционов. Здесь излагается адаптация континуального алгоритма оптимизации к опционному рынку. Напомним конструкцию сценарного рынка и его основные инструменты.

Теоретической моделью рынка, на котором инвестор находит адекватное (точное) отражение своих рисковых предпочтений, встроенных в CC-VaR, служит δ-рынок. Обозначаем через $\mathsf{X}=[a, b)$ множество цен базового актива. Заданы стоимостная $c(x)$ и прогнозная $p(x)$ плотности, $x \in \mathsf{X}$, определяющие меры $\mathsf{C}\{\cdot\}$ и $\mathsf{P}\{\cdot\}$ соответственно. Сценарная дискретизация теоретического рынка определяется равномерным (для простоты) разбиением множества X на n сценариев $S_i \subset \mathsf{X}$, $i \in I = \{1, 2,\ldots, n\}$, $S_i \cap S_j = \varnothing$, $i \neq j$, $\mathsf{X} = \cup_{i\in I} S_i$, $S_i = [x_{i-1}, x_i)$, $x_0 = a$, $x_i = a + ih$, $h = (b - a)/n$, $i \in I$. Цена инструмента $\boldsymbol{G}$ обозначается $|\boldsymbol{G}|$, средний доход – $\|\boldsymbol{G}\|$.

На сценарном рынке базисными инструментами служат дискретные аналоги инструментов $\boldsymbol{D}(s)$ теоретического рынка – индикаторы сценариев $\boldsymbol{D}_i = \boldsymbol{H}\{S_i\}$, $i \in I$; при этом $\sum_{i\in I} \boldsymbol{D}_i = \boldsymbol{U}$. Их платежные функции $\pi(x; \boldsymbol{D}_i) = \chi_i(x)$, где $\chi_i(x)$ – характеристическая функция множества S_i, равная единице при $x \in S_i$ и нулю при $x \notin S_i$. *Рыночные цены* индикаторов и *прогнозные вероятности* сценариев образуют векторы $\boldsymbol{c}^S \equiv \{c_i^S, i \in I\}$ и $\boldsymbol{p}^S \equiv \{p_i^S, i \in I\}$, где

$$(1)\quad c_i^S = |\boldsymbol{D}_i| = \int_{x_{i-1}}^{x_i} c(x)\,dx = \int_{\mathsf{X}} \chi_i(x) c(x)\,dx, \quad p_i^S = \|\boldsymbol{D}_i\| = \int_{x_{i-1}}^{x_i} p(x)\,dx = \int_{\mathsf{X}} \chi_i(x)\, p(x)\,dx, \quad i \in I.$$

Произвольный вектор доходов $\boldsymbol{g} = \{g_1, g_2,\ldots, g_n\}$ реализуется портфелем базисных инструментов $\boldsymbol{G} = \sum_{i\in I} g_i \boldsymbol{D}_i$. Его рыночная цена $|\boldsymbol{G}| = \sum_{i\in I} g_i c_i$, а средний доход – $\|\boldsymbol{G}\| = \sum_{i\in I} g_i p_i$.

Общая часть дискретного алгоритма оптимизации формируется простым проецированием континуального алгоритма на сценарный рынок. А для его адаптации к рынку опционов напрашивается простая замена сценарного базиса базисом из нормированных простейших баттерфляев. Такая замена представляет самостоятельный интерес, но она может быть и вынужденной, если на дискретном рынке отсутствуют инструментальные индикаторы сценариев.

Базисы из баттерфляев и их цены

На дискретном по страйкам рынке опционов страйками возможных коллов и путов становятся центры сценариев $s_i = (x_{i-1} + x_i)/2 = a + h(i - 1/2)$, $i \in I$. Расстояние между соседними страйками равно h. Полагаем еще $s_0 = a$, $s_{n+1} = b$, но эти параметры страйками не являются.

[45] *Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-01-00816).*

Сценарные базисные инструменты $\boldsymbol{D}_i$, $i = 2..n-1$, заменяются простейшими нормированными баттерфляями, но для крайних страйков с $i = 1, n$ – простейшими нормированными спрэдами. Если использовать только коллы $\boldsymbol{C}_i \equiv \boldsymbol{C}(s_i)$, $i \in I$, то имеем *канонический* базис

(2) $\boldsymbol{B}_1 = \boldsymbol{M} + (\boldsymbol{C}_2 - \boldsymbol{C}_1)/h$, $\boldsymbol{B}_i = (\boldsymbol{C}_{i-1} - 2\boldsymbol{C}_i + \boldsymbol{C}_{i+1})/h$, $\boldsymbol{B}_n = (\boldsymbol{C}_{n-1} - \boldsymbol{C}_n)/h$.

Обозначению $\boldsymbol{M}$ отвечает единичный маржевый инструмент с $\pi(x; \boldsymbol{M}) \equiv \pi(x; \boldsymbol{U}) \equiv 1$. Вместо коллов можно использовать путы, и тогда

$\boldsymbol{B}_1 = (\boldsymbol{P}_2 - \boldsymbol{P}_1)/h$, $\boldsymbol{B}_i = (\boldsymbol{P}_{i-1} - 2\boldsymbol{P}_i + \boldsymbol{P}_{i+1})/h$, $i = 2..n$, $\boldsymbol{B}_n = \boldsymbol{M} + (\boldsymbol{P}_{n-1} - \boldsymbol{P}_n)/h$.

Внутренние страйки допускают и разные смешанные представления. Чаще всего используется так называемое представление естественного происхождения:

$\boldsymbol{B}_i = \boldsymbol{M} + (\boldsymbol{P}_{i-1} - \boldsymbol{P}_i - \boldsymbol{C}_i + \boldsymbol{C}_{i+1})/h$, $i = 2..n$.

Для каждого $i \in I$ интегралы от платежных функций для сценарных и опционных базисных инструментов совпадают. Кроме того, $\sum_{i\in I}\boldsymbol{D}_i = \sum_{i\in I}\boldsymbol{B}_i = \boldsymbol{U}$.

Вектор цен базисных баттерфляев обозначаем $\boldsymbol{c}^B$. На реальном рынке вектор $\boldsymbol{c}^B$ получается из цен торгуемых на рынке опционов. В нашей теоретической модели проще получать эти цены интегрированием плотности $c(x)$ с подходящими весовыми функциями, равными платежным функциям $\beta_i(x) \equiv \pi(x; \boldsymbol{B}_i)$, $i \in I$. Аналогично будем находить вектор средних доходов $\boldsymbol{p}^B$. Имеем:

(3) $c_i^B = |\boldsymbol{B}_i| = \mathsf{E}_{\mathsf{C}}\beta_i(\xi) = \int_{\mathsf{X}}\beta_i(x)c(x)dx$, $p_i^B = \|\boldsymbol{B}_i\| = \mathsf{E}_{\mathsf{P}}\beta_i(\xi) = \int_{\mathsf{X}}\beta_i(x)p(x)dx$, $i \in I$,

$$\beta_i(x) = \max\left(0, 1 - |s_i - x|/h\right), \quad i = 2..n-1,$$

$$\beta_1(x) = \max\left(0, \min\left(1, 1 + (s_1 - x)/h\right)\right), \quad \beta_n(x) = \max\left(0, \min\left(1, 1 - (s_n - x)/h\right)\right).$$

При этом опционный портфель получается заменой базисных инструментов $\boldsymbol{D}_i$ инструментами $\boldsymbol{B}_i$ с сохранением их весов в портфеле. В связи с введением в дополнение к $\boldsymbol{c}^S$ и $\boldsymbol{p}^S$ (1) новых векторов $\boldsymbol{c}^B$ и $\boldsymbol{p}^B$ наиболее предпочтительным представляется вариант алгоритма с векторами $\boldsymbol{c}^B$ и $\boldsymbol{p}^B$, но с назначением весов посредством вектора $\boldsymbol{p}^S$.

Расширенный алгоритм для базиса из элементарных инструментов

Под *элементарными* инструментами понимаются произвольные линейные комбинации сценарных инструментов, т.е. инструменты, платежные функции которых принимают постоянные значения в пределах каждого сценария. Для их содержательной интерпретации имеет смысл в качестве *элементарных* использовать инструменты, непосредственно котирующиеся на рынке. Базис должен содержать ровно n таких инструментов и трансформироваться подходящим линейным оператором в сценарный базис. Упорядочение сценариев, как обычно с CC-VaR, основано на последовательном применении процедуры Неймана-Пирсона из математической статистики [6].

Расширенный алгоритм построения оптимального портфеля (в перечне операций $i, j \in I = \{1, 2, \ldots, n\}$, а под $\boldsymbol{c}$ и $\boldsymbol{p}$ здесь понимаются векторы $\boldsymbol{c}^S$ и $\boldsymbol{p}^S$ (1) соответственно, но для целей следующего раздела $\boldsymbol{c}^B$ и $\boldsymbol{p}^B$ **Ошибка! Источник ссылки не найден.**):

$\hat{\boldsymbol{s}} \equiv \{\hat{s}_i\}$ – вектор элементарных инструментов;

$\boldsymbol{m} \equiv \{m_i\}$, $m_i = |\hat{s}_i|$ – рыночная стоимость i-го инструмента;

$\mathbf{Y} \equiv [y_{ij}]$ – матрица доходов, $y_{ij} = \hat{s}_i(j)$ – доход от i-го инструмента на j-м сценарии; для канонического базиса $\mathbf{Y} = \mathbf{I}$;

$\hat{w} \equiv \sum_{i\in I} w_i\hat{s}_i \equiv (\boldsymbol{w}, \hat{\boldsymbol{s}})$ – портфель элементарных ценных бумаг;

$\hat{w}(j) = \sum_i w_i\hat{s}_i(j) = \sum_i w_i y_{ij}$ – доход портфеля на j-м сценарии;

$\hat{\boldsymbol{u}} \equiv \{\hat{u}_i\}$ – единичный сценарный базис, $\hat{u}_i(j) = \delta_{ij}$;

$\hat{\boldsymbol{u}} = \mathbf{Z}\hat{\boldsymbol{s}}$, или $\hat{u}_i = \sum_{j\in I} z_{ij}\hat{s}_j$, где $\mathbf{Z} = \{z_{ij}\}$ – матрица весов в портфелях; возможны постановки задачи сразу с матрицей $\mathbf{Z}$, притом не обязательно квадратной, и без $\mathbf{Y}$;

$\hat{u}_i(j) = \sum_{k\in I} z_{ik}\hat{s}_k(j) = \sum_{k\in I} z_{ik}y_{kj} = \delta_{ij}$ ($\mathbf{Z} = \mathbf{Y}^{-1}$, в предположении невырожденности матрицы $\mathbf{Y}$);

$\boldsymbol{c} = \mathbf{Z}\boldsymbol{m}$, $c_i = |\hat{u}_i| = \sum_{j\in I} z_{ij}m_j$ – цена i-го сценарного инструмента;

$\sum_{i\in I}\hat{u}_i$ – единичный безрисковый инструмент;

После нахождения векторов $\boldsymbol{p}$ и $\boldsymbol{c}$ применяется *каноническая часть алгоритма*:

$\boldsymbol{\rho} \equiv \{\rho_i\}$, $\rho_i = p_i/c_i$, – относительный доход для i-го сценария;

$\boldsymbol{\xi} \equiv \{\xi_i\}$, ξ_i – номер сценария с i-м по величине отношением ρ_i;

$\boldsymbol{\Xi} \equiv \{\xi_{ij}\}$, $\xi_{ij} = \{1, j = \xi_i;\ 0, j \neq \xi_i\}$, – матрица упорядочения;

$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{p}^S$ – переупорядоченный (в порядке $\boldsymbol{\xi}$) вектор $\boldsymbol{p}^S$;

$\mathbf{T} \equiv \{t_{ij}\}$, $t_{ij} = \{1, i \le j;\ 0, i > j\}$, – треугольная суммирующая матрица;

$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{T}\boldsymbol{d}$ – кумулятивный вектор вероятностей;

$\boldsymbol{b} = \phi(\boldsymbol{\varepsilon})$ – вектор назначаемых портфельных весов ($\phi(\cdot)$ – функция рисковых предпочтений инвестора, ключевой атрибут CC-VaR [1-5]);

$\hat{g} = (\boldsymbol{g}, \hat{\boldsymbol{u}})$, $\boldsymbol{g} = \boldsymbol{b}\Xi$, – оптимальный портфель в терминах сценарных базисных инструментов (в каноническом базисе).

Остается вернуться к исходным элементарным инструментам.

Оптимальный портфель и его параметры в терминах элементарных инструментов:

$\hat{g} = (\boldsymbol{g}, \hat{\boldsymbol{u}}) = (\boldsymbol{w}, \hat{\boldsymbol{s}})$, $\boldsymbol{w} = \boldsymbol{g}\mathbf{Z} = \boldsymbol{b}\Xi\mathbf{Z}$ (в отличие от $\boldsymbol{g}$ компоненты $\boldsymbol{w}$ могут быть отрицательными);

$A = |\hat{g}| = (\boldsymbol{w}, \boldsymbol{m})$ – стоимость портфеля (инвестиционная сумма);

$R = (\boldsymbol{g}, \boldsymbol{p})$ – средний доход портфеля;

$r = R/A$ – средний относительный доход портфеля.

Опционная модификация алгоритма

Использование элементарных инструментов более актуально для опционного рынка, на котором в таком качестве могут выступать, например, просто коллы и путы, а вместо $\boldsymbol{D}_i$ – инструменты $\boldsymbol{B}_i$, $i \in I$. Однако на ряд моментов следует обратить внимание.

Платежные функции торгуемых на рынке инструментов не являются, вообще говоря, кусочно-постоянными. Тем не менее можно использовать расширенный алгоритм, если определиться с правилом построения матрицы $\mathbf{Y}$.

Условимся доходы от элементарных инструментов рассчитывать для центров сценариев. При этом платежные функции инструментов $\hat{u}_i$ и $\boldsymbol{B}_i$, $i \in I$, могут различаться. Их равенство гарантируется лишь для соответствующих центров сценариев.

Рассмотрим в качестве примера совокупность $\mathbf{E} = \{\boldsymbol{C}_i, i = 1..n\}$ элементарных инструментов – n коллов. Для нее вычисления дают матрицу $\mathbf{Y} = [y_{ij} = \{h(j - i), j \ge i;\ 0, j < i;\ i,j = 1..n\}]$ и $\det(\mathbf{Y}) = 0$, так как опцион $\boldsymbol{C}_n$ порождает строку матрицы с $y_{nj} \equiv 0$, $j = 1..n$). Следовательно, совокупность $\mathbf{E}$ базисом не является.

Однако подключением актива $\boldsymbol{U}$ можно сконструировать две новые совокупности $\mathbf{E}' = \{\boldsymbol{C}_i, i = 1..n; \boldsymbol{U}\}$ и $\mathbf{E}'' = \{\boldsymbol{C}_i, i = 1..n - 1;\ \boldsymbol{U}\}$. Первая из них избыточна и содержит $n + 1$ инструмент, а вторая – ровно n. Фактически, вторая получена из $\mathbf{E}$ заменой $\boldsymbol{C}_n \to \boldsymbol{U}$ (или из $\mathbf{E}'$ удалением $\boldsymbol{C}_n$); для нее уже $\det(\mathbf{Y}'') \ne 0$, она является базисом, и расширенный алгоритм можно применять к ней непосредственно.

Из совокупности $\mathbf{E}'$ благодаря наличию колла $\boldsymbol{C}_n$ легко (вручную) строится базис из баттерфляев $\mathbf{B} = \{\boldsymbol{B}_i, i \in I\}$, задаваемый соотношениями, можно применять канонический дискретный алгоритм в варианте #*BsB* (с векторами $\boldsymbol{c}^B$ и $\boldsymbol{p}^B$).

Из совокупности $\mathbf{E}''$ можно получить новый базис $\boldsymbol{\Phi}$ преобразованием $\boldsymbol{\Phi} = \mathbf{Y}^{-1}\mathbf{E}''$. Этот базис не совпадает с каноническим базисом из баттерфляев $\mathbf{B} = \{\boldsymbol{B}_i, i \in I\}$. После перехода к базису $\boldsymbol{\Phi}$ можно применять тот же алгоритм, только теперь более логично называть эту версию алгоритма вариантом #ΦsΦ и использовать вместо $\boldsymbol{c}^B$ и $\boldsymbol{p}^B$ соответственно векторы $\boldsymbol{c}^\Phi$ и $\boldsymbol{p}^\Phi$, для вычисления которых можно применять непосредственно формулы расчета теоретических цен коллов.

Подобного несовпадения базисов не может быть на сценарном рынке с его базисными индикаторами. Однако на опционном рынке оно возникает и сказывается на окончательном решении. Сравнение решений двух задач демонстрирует преимущества первой. Колл $\boldsymbol{C}_n$, порождающий в матрице $\mathbf{Y}$ нулевую строку и потому не играющий самостоятельной роли, в первой задаче выполняет полезную вспомогательную функцию в образовании инструментов $\boldsymbol{B}_{n-1}$ и $\boldsymbol{B}_n$.

В то же время отсутствие колла $\boldsymbol{C}_n$ во второй совокупности ухудшает качество аппроксимации индикаторов сценариев в случае с последними двумя инструментами базиса $\boldsymbol{\Phi}$ (по сравнению с базисом $\mathbf{B}$), из-за чего платежная функция оптимального портфеля на крайних справа двух сценариях претерпевает искажения, приводящие к возможной утрате свойства неотрицательности (подробности см. в [2, 3]). (Разумеется, при большом желании эти недостатки, как всегда, можно объяснять издержками дискретизации.)

Литература

1. *Agasandian G. A.* Optimal Behavior of an Investor in Option Market / International Joint Conference on Neural Networks. The 2002 IEEE World Congress on Computational Intelligence (Honolulu, Hawaii, Mai 12-17, 2002). – P. 1859-1864.

2. *Агасандян Г.А.* Применение континуального критерия VaR на финансовых рынках. М.: ВЦ РАН, 2011. 299 с.

3. *Агасандян Г.А.* Континуальный критерий VaR на многомерных рынках опционов. М.: ВЦ РАН, 2011. 297 с.

4. *Агасандян Г.А*. Континуальный критерий VaR и оптимальный портфель инвестора // Управление большими системами. // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН, 2018. Вып. 73. С. 6-26.
5. *Агасандян Г.А*. Континуальный критерий VaR на сценарных рынках // Информатика и ее применения. М.: ИПИ ФИЦ ИУ РАН, 2018. Т. 12. Вып. 1. С. 32–40.
6. *Крамер Г.* Математические методы статистики / Пер. с англ.– М.: Мир, 1975. 750 с. (Cramer H. Mathematical methods of statistics. – Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1946. 575 p.).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СЕТОЧНЫХ МЕТОДАХ РАВНОМЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Антонова Г.М.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
gmant@ipu.ru

Аннотация: В статье описано использование имитационных моделей в исследовании динамических стохастических систем. Определяется связь сеточных методов равномерного зондирования с сеточными методами математической физики. Проводится анализ процедур, расширяющих возможности такого аппарата для исследования плохо формализованных систем, в описании которых используются не дифференцируемые функции. Рассматривается содержание основных этапов реализации сеточных методов равномерного зондирования с использованием имитационных моделей для описания исследуемых или проектируемых систем.

Ключевые слова: сеточные методы, имитационное моделирование, многокритериальная оптимизация, область эффективности.

Введение

Создание и совершенствование сложных технических устройств в составе крупномасштабных систем предполагает оценку качества функционирования систем в целом и отдельных наиболее ответственных частей этих систем. Дополнительно появляются задачи уточнения границ областей функционирования с повышенным качеством, в частности, оценки таких областей, в которых усредненные значения показателей качества оказываются лучше, чем в соседних с ними областях. Такие задачи позволяет решать сеточный метод равномерного зондирования, названный $ЛП_\tau$ - поиском с усреднением. $ЛП_\tau$ - поиск с усреднением не единственный способ использования $ЛП_\tau$ – последовательности, равномерно распределенной в многомерном пространстве параметров. Известны несколько разных подходов, направленных на ускорение поиска [1]. И.М. Соболь и Р.Б. Статников [2] применяли первыми метод исследования пространства параметров в самых разных областях и для систем разной степени сложности. И.Н Статников, Г.И. Фирсов на основе фрагментов аналитических моделей создали ряд механических и строительных конструкций. Авторы разработали метод, названный PLP-поиском, основанный на планировании эксперимента с использованием точек $ЛП_\tau$ – последовательности. А.Ю.Байков предложил и реализовал метод макрошагов для проектирования многорезонаторного пролетного клистрона. Целью применения $ЛП_\tau$ - поиска являлся выбор режимов функционирования, обеспечивающих высокий коэффициент полезного действия (КПД) с применением дискретно-аналитической модели. Приближенная оптимизация выполнялась не только по точечным критериям оптимизации, но и по критерию, заданному в виде непрерывной функции (КПД).

Основной особенностью $ЛП_\tau$ - поиска с усреднением является равномерное зондирование многомерной области изменения показателей качества и проведение экспериментов с имитационными моделями для оценки значений показателей качества в различных точках, то есть переход к использованию не дифференцируемых функций, расширяющий возможности приближенной оптимизации крупномасштабных систем. Для реализации этого подхода необходимо иметь в распоряжении сетку с хорошими свойствами равномерности в многомерном пространстве значений параметров. Свойства сетки определяют качество исследования поведения не дифференцируемых функций. Перечисленным требованиям наилучшим образом удовлетворяет $ЛП_\tau$ - последовательность или последовательность Соболя.

Сеточные методы равномерного зондирования являются естественным продолжением сеточных методов математической физики, которые используются в широко известном методе конечных разностей (метод сеток). Он представляет собой численный метод решения уравнений в частных производных. В основе этого метода лежит дискретизация пространства изменения параметров. Область непрерывного изменения аргумента заменяется дискретным множеством точек, которое и называется сеткой. Функции непрерывного аргумента замещаются функциями дискретного аргумента, рассчитываемыми в узлах сетки, и получают название сеточных функций. Вместо производных в составе уравнения появляются соответствующие разностные отношения, а дифференциальное уравнение, описывающие функционирование проектируемой системы, превращается в систему алгебраических уравнений (разностное уравнение), которое должно оценить приближенные значения выходных характеристик. Начальные и граничные условия трансформируются в разностные условия для сеточных функций. Этот метод можно применять тогда, когда доказана его сходимость к решению исходного дифференциального уравнения для непрерывной задачи при уменьшении шага сетки.

Сетка формируется как набор стандартных ячеек, которые могут иметь разнообразную форму. Наиболее простая двумерная сетка состоит из четырехугольников и образуется с помощью линий, параллельных осям координат. Ячейки могут иметь форму треугольников, четырехугольников, тетраэдров, призм, параллелепипедов разной размерности и др. При решении сложных задач широко применяются адаптивные сетки. В этом случае размеры ячеек в области размещения предполагаемого решения уменьшаются для увеличения вероятности обнаружения решения и ускорения его поиска. В.Д. Лисейкин является автором ряда монографий, в которых анализируются технологии создания сеток и существующие подходы для решения задач математической физики, сформулированных для систем, описываемых дифференцируемыми функциями [3].

1 Основные этапы сеточных методов равномерного зондирования

1.1 1-й этап реализации сеточных методов равномерного зондирования

На 1-м этапе выбирается метод расчета координат равномерной сетки и алгоритм поиска решения. Для дифференцируемых функций известны многочисленные методы поиска экстремума. Если существует аналитическое описание системы, то решение можно найти, комбинируя достоинства равномерной сетки и выбранного алгоритма оптимизации. На первом этапе необходимо в результате выполненных исследований определить значения координат в пространстве входных параметров, для которых значения показателей качества попадают в окрестность экстремума или соответствуют области эффективности при реализации $ЛП_\tau$ - поиска с усреднением. Алгоритм $ЛП_\tau$ - поиска с усреднением [4] содержит эвристические процедуры и позволяет получить ряд подпоследовательностей точек из пространства входных параметров, в которых проводились имитационные эксперименты: $L_{G_1}, L_{G_2}, \ldots, L_{G_i}, \ldots, L_{G_l}$.

Каждая подпоследовательность аппроксимирует неизвестную область эффективности. На следующем этапе с помощью экспертного анализа необходимо сформулировать «решающее правило», которое позволит прогнозировать значения критериев оптимизации для различных возможных значений входных параметров.

1.2 2-й этап реализации сеточных методов равномерного зондирования

На 2-м этапе выбирается модель принятия решения с использованием разнообразных методов анализа и обработки экспериментальных данных. Современные методы анализа данных создавались для выборок экспериментальных данных, полученных после экспериментов на реальных системах или их лабораторных аналогах. Особенность применения имитационных моделей как источника данных состоит в тщательной проверке качества этих данных и контроле адекватности модели для выбранных значений входных параметров в процессе проведения имитационных экспериментов. Далее формулируются требования к параметрам системы, соответствующим области эффективности, или конструируется описание области эффективности по выборке из полученных результатов имитационных экспериментов. Проверка для нескольких примеров реализации сеточных методов равномерного зондирования показала возможность применения следующих моделей принятия решения и связанных с ними видов описаний области эффективности.

а) Методы аппроксимации основаны на модели подбора аналитического или графического описания путем использования набора функций, соответствующих определённой подпоследовательности точек $ЛП_\tau$ - последовательности и связанной с ней оценке

b) Методы распознавания образов используют модель обобщения логических закономерностей и требуют применения методов распознавания для решения задачи классификации векторов параметров на два класса. Первый класс будет содержать векторы параметров из области эффективности, а второй будет содержать все остальные векторы. После обработки результатов имитационных экспериментов будут получены два множества предикатов.

Такая модель выбора решения поддерживается специально разработанным программным комплексом и адаптируется согласно предметной области.

Эксперт или группа экспертов выбирают окончательное решение на основе опыта и знаний с учётом интуитивных соображений.

c) Методы идентификации.

Метод параметрической идентификации и обобщенная авторегрессия скользящее среднее с изменяющимися во времени параметрами выбрана для описания результатов имитационных экспериментов

$$(1)\quad y(n)=\sum_{r}\sum_{i}c_{ri}(n)x_r(n-i)+\sum_{j}A_j(n)y(n-j)+\nu(n)\,,$$

где $x_r(n)$ - наблюдаемый вход, $y(n)$ - наблюдаемый выход, $c_{ri}(n)$, $A_j(n)$ - неизвестные параметры, $\nu(n)$ - приведенный шум (стохастическое возмущение) в виде дискретного по времени стационарного случайного сигнала с математическим ожиданием $E\{\nu(n)\}=0$.

В рассмотренных примерах реализации сеточных методов равномерного зондирования были использованы разнообразные алгоритмы рекуррентной параметрической идентификации для описания результатов имитационных экспериментов с моделями сложных систем. Программный пакет обеспечивает сравнение результатов экспериментов с выбранной обобщенной моделью для более чем пятидесяти рекуррентных алгоритмов параметрической идентификации. Анализ результатов показал, что одновременно несколько алгоритмов идентификации дают совпадение с экспериментальными данными. Однако, выбранная для идентификации модель не устойчива. Не все выбранные адаптивные алгоритмы эффективны, их быстродействие недостаточно при оценивании нестационарных параметров. Алгоритмы чувствительны к появляющимся стохастическим возмущениям и не всегда позволяют определять глобальный экстремум для выбранного показателя качества.

Была разработана дополнительная формальная процедура определения наиболее эффективного алгоритма. Она предполагает решение многокритериальной задачи сравнения и выбора удовлетворительного алгоритма по критерию оценки в виде функции потерь. Эта функция в каждый момент времени показывает неточность представления идентифицируемого объекта его математической моделью.

1.3 3-й этап реализации сеточных методов равномерного зондирования

На 3-ем этапе полученные результаты проверяются в реальных условиях.

2 Заключение

Сеточные методы равномерного зондирования могут использоваться в разных областях для исследования и приближенной оптимизации крупномасштабных систем и их элементов. Использование имитационных моделей там, где не создано аналитическое описание, существенно повышает ценность получаемых результатов приближенной оптимизации. Возможно дальнейшее развитие алгоритмов построения сеток, равномерных в многомерном пространстве параметров. Это позволит получить и новые алгоритмы приближенной оптимизации. Естественно, совершенствование приёмов и методов построения адекватных имитационных моделей крупномасштабных систем приведёт к ускорению процесса проектирования и повысит качество функционирования крупномасштабных систем и их элементов.

Литература

1.Антонова Г.М. Применение последовательности Соболя для оптимизации динамических стохастических систем. 2015

2. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Дрофа, 2006. – 175 с.

3. Лисейкин В.Д. Методы построения разностных сеток. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2014. –208 с.

4. Антонова Г.М. Сеточные методы равномерного зондирования для исследования и оптимизации динамических стохастических систем. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 224 с.

ЗАДАЧА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА КРЕДИТНО-ДЕПОЗИТНОЙ ПОЛИТИКИ КОАЛИЦИИ ЗАЁМЩИКОВ

Байрамов О.Б., Сытов А.Н.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова д.40
fereshko@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается коалиция заёмщиков, которая по своей организационной структуре напоминает традиционный банк. Задача управления данной коалицией сводится к решению ряда оптимизационных задач. Выбор оптимальных ставок депозитов и кредитов предлагается осуществлять при помощи метода исследования пространства параметров. Приводится результат одного вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: коалиция заёмщиков, линейное программирование, многокритериальная оптимизация, метод исследования пространства параметров, вычислительный эксперимент

Введение

В работах [1-2] предлагались модели коалиции заёмщиков и с помощью вычислительного эксперимента изучались условия их сбалансированного функционирования во внешней среде. Описанным в них объектам в реальном мире ближе всего соответствуют ссудно-сберегательные кассы. В настоящей работе рассматривается другой вид коалиции заёмщиков, который уже ближе к традиционной банковской организации.

Будем считать, что коалиция организуется по следующему принципу. Одни участники, вступая в коалицию, открывают внутренние депозиты: совершают разовый денежный взнос, который коалиция затем возвращает в соответствие с некоторой схемой выплат. Другие участники, вступая в коалицию, берут кредиты и до полного их погашения совершают в кассу коалиции некоторые платежи. Как и в предыдущих работах считается, что в процессе функционирования коалиция имеет возможность осуществлять внешние вложения и заимствования.

Предлагается динамическая модель в дискретном времени такой коалиции заемщиков. Внешние вложения и заимствования в каждый момент времени являются управлениями, а касса коалиции – фазовой переменной. Для выбора ставок внутренних депозитов и кредитов предлагается двухэтапная оптимизационная процедура, основанная на решении некоторой задачи линейного программирования и ЛПτ поиска в пространстве управляющих параметров [3].

Несмотря на то, что с ростом числа различных видов внутренних инструментов коалиции размерность соответствующего пространства параметров возрастает и делает процедуру поиска в вычислительном плане достаточно трудоемкой, при их небольшом количестве такой подход вполне оправдан и приводит к хорошо интерпретируемым результатам. Эти результаты можно рассматривать в качестве “начального приближения” для составления более сложных моделей и при проектировании программных комплексов.

1 Основные обозначения и соотношения модели

Пусть $X_{d,\tau}$ – объем вложений участников на депозит вида $d \in D$ в момент времени τ. Данное вложение осуществляется на срок r_d. В момент времени $t = \tau+1,...,\tau+r_d$ участнику возвращаются денежные средства в размере $U_{d,\tau,t} = x_{d,\tau,t} \cdot X_{d,\tau}$, а на оставшуюся сумму начисляются проценты по ставке $u_{d,\tau}$. Обозначим через $Y_{c,\tau}$ – объем выданных коалицией кредитов вида $c \in C$ в момент времени τ, s_c и $v_{c,\tau}$ – срок и ставка кредитования соответственно. В моменты времени $t = \tau+1,...,\tau+s_c$ участники совершают кредитные платежи $V_{c,\tau,t} = y_{c,\tau,t} \cdot Y_{c,\tau}$.

Отметим, что параметры внутренних инструментов коалиции в каждый момент времени τ должны удовлетворять следующим условиям согласованности выплат:

$$\sum_{t=\tau+1}^{\tau+r_d} \left(1+u_{d,\tau}\right)^{\tau-t} \cdot x_{d,\tau,t} = 1, \ \sum_{t=\tau+1}^{\tau+s_c} \left(1+v_{c,\tau}\right)^{\tau-t} \cdot y_{c,\tau,t} = 1.$$

Поток денежных средств коалиции Q_t по операциям с участниками в момент времени t определяется как разность суммарных притоков и оттоков денежных средств по операциям с внутренними инструментами:

$$Q_t = \sum_d X_{d,t} + \sum_{\tau=0}^{t-1} \sum_c V_{c,\tau,t} - \sum_{\tau=0}^{t-1} \sum_d U_{d,\tau,t} - \sum_c Y_{c,t}.$$

Описание внешних депозитов и кредитов коалиции, по сути, мало чем отличается от описания внутренних инструментов. Подробно оно содержится, например, в работе [2]. Приведем только основные обозначения, которые нам потребуются для постановки задачи: $H^D_{a,\tau}$ – внешние вложения вида a в момент времени τ, $S^D_{a,\tau,t}$ – возвраты с внешнего депозита в момент времени t, $H^C_{b,\tau}$ – внешние заимствования вида b в момент времени τ, $S^C_{b,\tau,t}$ – кредитные платежи в момент времени t Введем соответствующие агрегированные переменные:

$$H^D_t = \sum_a H^D_{a,t},\ S^D_t = \sum_{\tau=0}^{t-1} \sum_a S^D_{a,\tau,t},\ H^C_t = \sum_b H^C_{b,t},\ S^C_t = \sum_{\tau=0}^{t-1} \sum_b S^C_{b,\tau,t}.$$

Пусть T^f – момент времени, когда закроется последний внутренний депозит и будет погашен последний внутренний кредит. Считается, что после этого момента коалиция уже не вкладывает и не занимает деньги во внешнем мире, но может совершать операции с открытыми ранее инструментами вплоть до момента полного окончания работы T. Касса коалиции в момент времени t характеризуется переменной M_t и ее изменение во времени описывается конечно-разностными уравнениями

(1) $M_{t+1} = M_t - H^D_{t+1} + S^D_{t+1} + H^C_{t+1} - S^C_{t+1} + Q_{t+1},\ t = 0,...,T^f - 1,$

$M_{t+1} = M_t + S^D_{t+1} - S^C_{t+1},\ t = T^f,...,T-1$

с начальным условием $M_0 = -H^D_0 + H^C_0 + Q_0$.

2 Постановка задачи

Считается, что ставки каждого вида внутренних депозитов и кредитов не зависят от времени и равны соответственно u_d, v_c. Составим из них вектор управляющих параметров α. Пусть $X_{d,\tau}$ и $Y_{c,\tau}$ – известные функции u_d и v_c. Зафиксируем сроки r_d, s_c и выберем соответствующие схемы возврата денежных средств. Основные параметры, характеризующие внешние инструменты коалиции считаются заданными.

Рассмотрим следующую схему управления коалицией. На первом уровне при различных значениях α сначала рассчитывается поток денежных средств по операциям с участниками $Q_t = Q_t(\alpha)$. Затем находятся такие управления $\hat{H}^D_{a,t}(\alpha)$, $\hat{H}^C_{b,t}(\alpha)$, $t = 0,...,T^f$ и значения фазовой переменной $\hat{M}_t(\alpha)$, $t = 0,...,T$, которые доставляют решение линейной программе

(2) $M_T \to \max,$

$H^D_{a,t} \ge 0,\ a \in A;\ H^C_{b,t} \ge 0,\ b \in B,\ t = 0,...,T^f;$

$H^D_t \le \bar{H}^D_t,\ H^C_t \le \bar{H}^C_t,\ t = 0,...,T^f;$

$M_t \ge 0,\ t = 0,...,T^f.$

Здесь $\bar{H}^D_t$, $\bar{H}^C_t$ – ограничения сверху на суммарные внешние вложения и заимствования. Линейные соотношения (1) представляют собой дополнительные ограничения для данной задачи. На втором уровне формулируется следующая задача многокритериальной оптимизации:

(3) $u_d \to \max,\ d \in D;$

$v_c \to \min,\ c \in C;\ \hat{M}_t(\alpha) \ge 0,\ t = T^f + 1,...,T.$

Точки пространства параметров, удовлетворяющие ограничениям-неравенствам в (2), будем называть допустимыми. Оптимальные по Парето допустимые точки (эффективные) предлагается

выбирать в качестве искомых для выбора соответствующих ставок внутренних инструментов коалиции.

3 Вычислительный эксперимент

Приведем результаты одного расчета. Временной шаг зададим равным одному месяцу. Параметры, характеризующие внешние вложения и заимствования коалиции, выберем как в работе [3] и будем считать, что на суммарные внешние вложения и заимствования коалиции не накладываются ограничения сверху.

Рассмотрим случай, когда существует только по одному виду внутренних депозитов и кредитов со сроками $r=12$, $s=24$ и ставками u и v, соответственно. Участники открывают депозиты на интервале от 0 до 60. Накопленные на депозите деньги возвращаются им в конце срока, т.е.

$x_{\tau,t}=0$, $t=\tau+1,...,\tau+11$; $x_{\tau,t}=(1+u)^{12}$, $t=\tau+12$; $\tau=0,...,60$.

Пусть вклады участников в каждый момент времени зависят от ставки депозитов, выраженной в процентах годовых, следующим образом: $X_\tau(u_{\%})=0.4078\cdot u_{\%}^{\,0.6471}$.

Внутренние кредиты выдаются в моменты времени от 12 до 72, причем $Y_\tau(v_{\%})=18.2897/v_{\%}^{\,1.1696}$, и возвращаются ежемесячными равными платежами. В таком случае

$$y_{\tau,t}=\frac{v\cdot(1+v)^{24}}{(1+v)^{24}-1},\ t=\tau+1,...,\tau+24,\ \tau=12,...,72.$$

Создадим полигон из 1000 пробных точек $\alpha=(u,v)$, так что $0<u_{\%}\le 10$, $5\le v_{\%}\le 20$. В результате расчетов 638 точек оказались допустимыми и 23 эффективными, см. рис. 1.

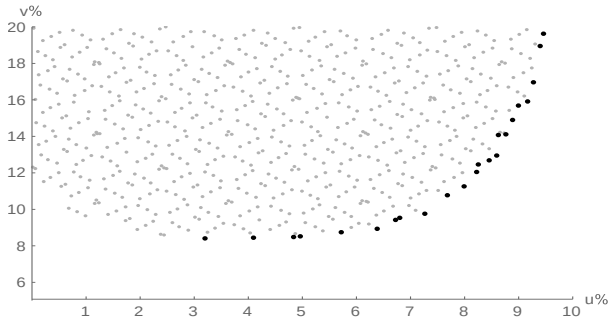


Рис. 1. Допустимые и эффективные точки

На рисунке допустимые точки имеют слегка серый оттенок, а эффективные выделены ярким черным цветом. Паретовская точка с координатами (7.268, 9.764) соответствует точке с минимальным спредом (разность между ставками внутренних кредитов и депозитов), (3.195, 8.395) – эффективная точка с минимальной ставкой внутреннего депозита.

Литература

1. *Сытов А.Н.* Вычислительные эксперименты с моделью общего старта в инвестиционных проектах //Материалы одиннадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD-2018» (1-3 октября 2018г., Москва, Россия). В двух томах. Том I. М.: ИПУ, 2018, с. 332-335.
2. *Гасанов И.И., Ерешко Ф.И., Сытов А.Н.* Инструментарий параметрического программирования в модели финансовой Коалиции. Труды ИСА РАН. Том 69. Выпуск 2. 2019. С. 28-37.
3. *Соболь И.М.* Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями: учеб. пособие для вузов / И.М. Соболь, Р.Б. Статников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2006. – 175с.

ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СВЕРХУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ

Берсенев Н.В., Уткин В.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
nick.e-note@yandex.ru, vicutkin@ipu.ru

Аннотация: Настоящая работа описывает подход к синтезу сверхустойчивых систем с заданной степенью устойчивости. Процедура синтеза управления оптимизируется по перерегулированию по выходу на основе оценки, основанной из сверхустойчивости системы. Важным элементом предлагаемого подхода является принцип блочного управления, который позволяет декомпозировать решаемую проблему на задачи меньшего размера.

Ключевые слова: модальное управление, сверхустойчивость, оптимальный синтез.

Введение

Теория автоматического управления системами с неопределенными параметрами является актуальной задачей среди исследователей. Известны разные подходы к решению таких задач. Принято различать два направления робастной теории систем управления: проблемы анализа и проблемы синтеза. К первым относятся результаты об интервальной устойчивости полиномов [1], робастные частотные методы [2], метод *D*-разбиений. Методы синтеза робастного управления включают в себя методы квадратичной стабилизации, основанные на поиске общей квадратичной функции Ляпунова, линейной квадратичной оптимизации, H_∞ - оптимизации [4].

В настоящей статье рассматривается задача стабилизации линейной стационарной системы с неопределенными коэффициентами. Предполагается, что свойства структурной управляемости, определяемые номинальной системой, сохраняются во всех допустимых интервалах неопределенности параметров. Для синтеза управления используется понятие сверхустойчивой системы, описанное в [3], а также преобразование системы к блочно-управляемой форме [6].

Основная часть настоящей статьи посвящена синтезу управления для получения сверхустойчивой системы с заданной степенью устойчивости. Процедура синтеза управления оптимизируется по параметру перерегулирования по выходу.

1 Постановка задачи

Рассматривается линейная стационарная система

(1) $$\dot{x} = Ax + Bu, y = Dx,$$

Где $x \in R^n, u \in R^m$, $y \in R^p$ – векторы состояния, управления и выхода соответственно. $A = \bar{A} + \tilde{A}$, $B = \bar{B} + \tilde{B}$ – постоянные матрицы соответствующих размерностей, $\bar{A}, \bar{B}$ – матрицы с известными коэффициентами, а $\tilde{A}, \tilde{B}$ – матрицы с интервально неопределенными коэффициентамию. Пара A, B – управляема во всем диапазоне неопределенностей. Систему $\dot{x} = \bar{A}x + \bar{B}u$ будем называть номинальной системой.

Ставится задача стабилизации системы (1) при помощи выбора линейной обратной связи так, чтобы замкнутая система имела заданную степень устойчивости.

(2) $$\min\{-\mathrm{Re}\,\lambda_i\}_{i=\overline{1,n}} \geq \sigma > 0.$$

Предлагаемый подход к решению этой задачи основан на понятии сверхустойчивой системы.

1.1 Сверхустойчивые системы

Замкнутая система $\dot{x} = Ax, A = \left(a_{ij}\right)$ называется сверхусттойчивой, если её матрица имеет преобладающую главную диагональ [3]:

(3) $$\forall i \in \{1, \ldots, n\} : a_{ii} + \sum_{j=1,\, j \neq i}^{n} \left|a_{ij}\right| \leq -\sigma,$$

где σ>0. Согласно критерию Адамара [8], такая матрица имеет степень устойчивости не ниже:

(4) $$\eta = \min\{-\mathrm{Re}\,\lambda_i\}_{i=\overline{1,n}} \geq \sigma,$$

Где λ_i – собственные значения матицы A. Согласно [9], точное решение такой системы ограничено экспонентой:

(5) $$\|x(t)\|_\infty \le \|x(0)\|_\infty e^{-\sigma t}, t \ge 0 \cdot$$

Неравенство (5) можно использовать для оценки перерегулирования в сверхустойчивой системе. В настоящей работе ставится задача синтеза линейной обратной связи такой, чтобы замкнутая система была сверхустойчивой с заданной степенью устойчивости. Процедура синтеза оптимизируется по перерегулированию выхода в замкнутой системе.

(6) $$u = Fx, \max_{\|x\| \le 1, t \ge 0} y(t) \to \min .$$

2 Заключение

В настоящей статье мы предлагаем подход к синтезу модального управления для получения сверхустойчивой системы с заданной степенью устойчивости при минимальном перерегулировании по выходу. Важным моментом в этом подходе является использование блочной формы управления. Эффективность этого алгоритма была продемонстрирована на примере системы SISO третьего порядка.

Литература

1. *Харитонов В. Л.* Асимптотическая устойчивость семейства систем линейных дифферен- циальных уравнений // Дифференц. уравнения. 1978. Т. 1. Вып. 11. С. 2086–2088.
2. *Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З.* Частотные критерии робастной устойчивости и апериодичности линейных систем // АиТ. 1990. No 9. С. 45–54.
3. *Поляк Б.Т., Щербаков П.С.* Робастная устойчивость и управление. М.: Наука, 2002.
4. *Краснова С.А., Сиротина Т.Г., Уткин В.А.* Структурный подход к робастному управлению // Автоматика и телемеханика. 2011. № 8. С. 65–95.
5. *Ackermann J.* Robust control: systems with uncertain physical parameters. N. Y.: Springer-Verlag, 1993.
6. *Дракунов С.В., Изосимов Д.Б., Лукьянов А.Г. и др.* Принцип блочного управления I // АиТ. 1990. No5. С.38–47.
7. *Boyd S.L., El Ghaoui L., Feron E., Balakrishnan V.* Linear matrix inequalities in systems and control theory," Philadelphia: SIAM, 1994.
8. *Гантмахер Ф.Р.* Теория маттриц, М. Наука, 1967.
9. *Поляк Б.Т., Щербаков П.С.* Сверхустойчивые линейные системы управления. I. Анализ", Автомат. и телемех., 2002, № 8, 37–53.

МОДЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК МЕТОД САПР ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

Бродский Ю.И.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова д.40
yury_brodsky@mail.ru

Аннотация: Предлагается новая парадигма программирования, с более высоким уровнем инкапсуляции, нежели в объектно-ориентированном подходе. Ее ключевые особенности – исключение императивного программирования и ориентированность на распределенные и параллельные вычисления. Предлагаемый подход применим для достаточно широкого круга задач, включая создание имитационных моделей сложных крупномасштабных систем.

Ключевые слова: крупномасштабные системы, высокопроизводительные вычисления, модельный синтез, модельно-ориентированное программирование, имитационное моделирование.

Введение

Исторически смена парадигм программирования сопровождалась укрупнением, агрегированием основного инструмента деятельности программиста. Начиналось все с машинной команды, затем, с появлением языков программирования высокого уровня – таким инструментом стал оператор языка, реализующий некое законченное действие, возможно, с помощью нескольких машинных команд. С

победой идей структурного программирования – на смену отдельным операторам и переменным пришли стандартные конструкции типа «цикл», «ветвление», подпрограммы-функции и структуры данных.

С появлением объектного анализа основной единицей конструирования стал объект, объединяющие некую структуру данных с набором необходимых для их обработки методов. Кроме того, с помощью механизма наследования можно строить иерархии классов объектов, развивающих, конкретизирующих и воплощающих некоторый набор базовых идей, заложенных в корневых классах такой иерархии. Данная парадигма программирования в настоящее время является господствующей и ее базовые понятия, такие как класс, объект, типизация, наследование, инкапсуляция, полиморфизм реализованы с некоторыми нюансами в большинстве современных императивных языков программирования, таких как C++, Java, C#, Delphi и многих других.

Отношение наследования для множества классов объектно-ориентированного языка программирования есть отношение частичного порядка. Классы, не имеющие предков, но обладающие потомками, называются по отношению к ним корневыми или базовыми. Классы, не имеющие потомков, называются листовыми.

Проектирование в объектно-ориентированной парадигме большой программной системы состоит в воплощении базовых понятий и представлений этой системы в базовые классы объектов и построении затем иерархии классов, развивающих, конкретизирующих и воплощающих эти идеи во множестве листовых классов, с помощью которых и будет строиться целевая программная система. Однако все сложности организации вычислительного процесса, состоящего в использовании разработанных и отлаженных методов листовых классов, лежит на разработчике системы: чтобы система что-то делала – необходимо организовать вызов нужных методов нужных объектов в нужной последовательности. Формализации этого процесса не существует – объектно-ориентированное программирование поэтому остается искусством, а не технологией.

1 О сложностях программной реализации моделей крупномасштабных систем

Почему так трудно программировать модель сложной системы?

Потому что она и в самом деле очень сложная!

Попробуем перечислить основные сложности:

1. Сложная структура системы и сложные связи между ее компонентами;
2. Сложная организация данных;
3. Сложное поведение компонент системы:

а) сложная логика поведения;

б) сложная функциональность действий.

Здесь мы выделили несколько типов сложности, а в модели сложной системы они еще все тесно переплетены между собой. Психологи считают, что средний человек уверенно способен оперировать не более чем 4 – 6 объектами одновременно. Если объектов становится больше, человек начинает ошибаться. Быть может, природная одаренность в данной области или же опыт и тренировка способны повысить этот порог с 4 – 6 даже до 15 – 20 объектов. Беда лишь в том, что в сложных крупномасштабных системах приходится оперировать сотнями и тысячами объектов.

2 Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование

Можно предложить новый подход к программированию систем, имеющих выраженную многокомпонентную организацию, где уместен синтез целого из составляющих его частей, природа которых, а также способы взаимодействия между собой, известны заранее.

Модельно-ориентированная парадигма программирования предлагает снова увеличить степень агрегирования основной единицы программирования. Предлагается конструировать программную систему из моделей-компонент – сущностей, помимо характеристик и отдельных умений, обладающих собственным поведением, т.е. способных во всех ситуациях, которые могут им встретиться, давать стандартные для них ответы на стандартные запросы внутренней и внешней среды.

В отличие от объекта объектного анализа, методы модели-компоненты не нужно (да и невозможно) вызывать извне. Не нужно заботиться и об организации функционирования модели-компоненты. Модель-компонента функционирует всегда (как всегда функционирует, например, операционная система компьютера) и всегда готова отреагировать заложенным в ее конструкцию способом на происходящие внутри и вне ее изменения, на которые способны реагировать ее методы-события. Поэтому, про внутреннее устройство однажды отлаженной модели-компоненты можно

полностью забыть, используя ее в дальнейших конструкциях как готовый функциональный блок – просто правильно коммутировать входы и выходы – и все будет работать.

Описания моделей-компонент, как математических объектов соответствующего рода структуры, декларативны. Также декларативны описания объединения моделей-компонент в модели-комплексы. Для таких описаний предлагается специальный декларативный язык ЯОКК (язык описания компонент и комплексов). Значительный удельный вес в этом языке имеют операторы коммутации.

Декларативные описания модели-компоненты, вполне определяют ее устройство и логику функционирования, при этом полностью абстрагируясь от содержательной стороны, как действий модели-компоненты, осуществляемых ее методами-элементами, так и причин этих действий, выявляемых методами-событиями.

Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование, как методы описания, синтеза и программной реализации имитационных моделей сложных многокомпонентных систем, развивались в отделе Имитационных систем ВЦ АН СССР и затем ВЦ РАН, с конца 80-х гг. Основные их идеи изложены в работах [1-3], а сами термины впервые введены в работе [2].

В качестве основной единицы построения программной системы предлагается модель-компонента – более сложная и агрегированная конструкция, нежели объект объектного анализа. Главное ее отличие от объекта – обладание собственным поведением, в том смысле в каком обладает поведением, например, операционная система компьютера – способностью стандартным, заранее заданным способом отвечать на известный заранее набор внешних и внутренних запросов. При этом оказывается, что способ организации поведения в указанном смысле (а, следовательно, и организации вычислений на компьютере), также может быть стандартным – одинаковым для любой модели-компоненты, сколь бы сложной она ни была.

Предлагаемый подход минималистичен. По существу, в нем нет других понятий, кроме понятия модели-компоненты. Модели-компоненты могут объединяться в модели-комплексы, но модель-комплекс также формально принадлежит семейству моделей-компонент, следовательно, может быть включена в модель-комплекс следующего уровня в качестве компоненты и т.д. Любая модель выполняется по одним и тем же стандартным правилам, т.е., может быть выполнена однажды написанной и отлаженной программой выполнения моделей-компонент. Кроме того, эта программа выполнения моделей-компонент такова, что большинство ее содержательных вычислений допускает распараллеливание, притом, чем сложнее модель – тем больше у нее может быть параллельных процессов.

Вся реализация сложной программной системы распадается, во-первых, на ряд декларативных описаний моделей-компонент и моделей-комплексов объединяющих модели-компоненты, и во-вторых, на программирование некоторых функциональных зависимостей, которые являются функциями в математическом а не только программистском смысле (т.е. однозначны и не имеют состояний и побочных эффектов), и, следовательно могут быть запрограммированы в функциональной парадигме.

Это приводит к тому, что программная реализация даже сверхсложной фрактально устроенной имитационной модели обходится без императивного программирования – самого сложного на любой стадии, начиная с проектирования, до реализации и последующей отладки. Кроме того, про устройство однажды отлаженной компоненты можно навсегда забыть после завершения отладки. Во всех моделях-комплексах, куда она входит, она будет вести себя ровно так, как она умеет себя вести – это всегда обеспечивается автоматически программой выполнения моделей и поэтому включение компоненты в любой комплекс есть лишь вопрос ее правильной коммутации. Все происходит примерно так же, как при включении готовой микросхемы в микросборку и размещении затем этой микросборки на печатной плате. Если при этом на каждом уровне включения коммутация разумна – микросхема будет правильно функционировать в составе гораздо более сложного устройства.

Программный комплекс при этом подходе видится как комплекс моделей-компонент, которые сами могут состоять из компонент более низкого уровня. Программирование состоит в описании устройства и поведения компонент (по сути – в описании соответствующего рода структуры) и в описании построения комплексов из компонент. Для подобных описаний предлагается декларативный язык ЯОКК, подробно описанный в [2]. Описатели ЯОКК компилируются не в машинный код, а в базу данных модели (что снимает вопрос о качестве компиляции – остается лишь вопрос ее правильности). Первым полностью законченным воплощением идей модельного синтеза и модельно-ориентированного программирования можно считать систему MISS [1].

Заключение

Концепции модельного синтеза и модельно-ориентированного программирования позволяют формально описать на языке ЯОКК имеющиеся знания об «атомах» сложной многокомпонентной системы и их связях между собой в комплексы, которые становятся атомами следующего уровня; автоматически по этим описаниям построить синтез модели сложной системы, путем компиляции описателей ЯОКК в базу данных модели; далее остается запрограммировать методы модели (ориентируясь на функциональную парадигму) и заполнить в базе данных начальные значения ее характеристик. После этого модель готова к имитационным экспериментам. Из проекта программной реализации имитационной модели сложной системы удается полностью исключить императивное программирование. Универсальная программа выполнения моделей ориентирована на высокопроизводительные и распределенные вычисления.

Предложенная концепция моделирования сложных систем была воплощена в серии имитационных моделей, реализованных под влиянием модельно-ориентированной парадигмы программирования. Например, моделировались некоторые эпизоды СОИ (стратегическая оборонная инициатива) Рейгана, модель функционирования и взаимодействия нескольких стран. Кроме того, были созданы инструментальная система имитационного моделирования: система MISS [1], и макет пиринговой среды распределенного имитационного моделирования [2], полностью основанные на концепциях модельного синтеза и модельно-ориентированного программирования.

Литература

1. *Бродский Ю.И., Лебедев В.Ю.* Инструментальная система имитации MISS.–М.: ВЦ АН СССР, 1991.–180с.
2. *Бродский Ю.И.* Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование. – М.: ВЦ РАН, 2013. – 142 с.
3. *Бродский Ю.И.* Роды структур Н. Бурбаки в задаче синтеза имитационных моделей сложных систем и модельно-ориентированное программирование //Журнал Вычислительной математики и математической физики, 2015, Т. 55, № 1, С. 153–164.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ОЧЕРЕДЯМИ В СРЕДЕ GPSS STUDIO

Габалин А.В.[1], Девятков В.В.[2]

[1]*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва*
gabalina@bk.ru,

[2]*Казанский национальный исследовательский*
Технический университет им. А. Н. Туполева, г. Казань
vladimir@elina-computer.ru

Аннотация: Рассмотрены вопросы применения среды моделирования GPSS STUDIO для анализа бизнес-процессов с очередями.

Ключевые слова: имитационное моделирование, бизнес-процесс, среда GPSS STUDIO.

Введение

Системный анализ и моделирование является одним из важнейших инструментов построения, контроля и повышения эффективности бизнес-процессов. Для формализации применяется различный математический аппарат, а для реализации аналитических моделей разработано множество программных инструментов. В зависимости от направленности бизнес-процесса, его функциональных особенностей и сложности, могут применяется методы линейного программирования, теория массового обслуживание, сети Петри и имитационное моделирование. В России для моделирования и анализа бизнес-процессов достаточно широко используются следующие средства моделирования: Rational Rose, Oracle Designer, AllFusion Process Modeler (BPWin) и AllFusion ERwin Data Modeler (ERWin), ARIS, Power Designer. Некоторые из них реализуют не только описание, но и проводят моделирование. В некоторых случаях это внутренние симуляторы такие как ARIS Simulation и симулятор QUEST (методология IDEF03), а в CA ERWin Process Modeler – известный язык имитационного моделирования ARENA. [1]

В то же время подавляющее большинство приведенных выше инструментов - зарубежные, что делает невозможным их применение в ряде научных и военных организаций. Поэтому для обеспечения применения ИМ в этих организациях для создания модели бизнес-процесса должна быть использована современная отечественная система ИМ, имеющая собственный графический редактор

и мощный симулятор. В России существует ряд известных разработок для имитационного моделирования. К наиболее популярными и апробированными можно отнести три системы - AnyLogic, Pilgrim, GPSS Studio [2]. В данной статье описывается пример моделирования бизнес-процессов в среде моделирования GPSS Studio. Выбор обусловлен высокой моделируемой мощью и гибкостью языка GPSS World, современными технологиями графического проектирования, возможностью создания предметно-ориентированных библиотек и наличием гибкого языка описания диалогов в имитационном приложении. Стоит отметить, что в ИПУ РАН под руководством профессора Цвиркуна А.Д. долгие годы успешно проводились работы по имитационному моделированию крупномасштабных систем на GPSS.

1 Описание бизнес процесса отдела кадров.

Среди множества реально существующих бизнес-процессов в отделе кадров, в модели рассматривались лишь два процесса: прием на работу и оформление отпусков. При необходимости количество процессов может быть доведено до реальных объемов. Тем более, что одним из преимуществ имитационного моделирования является отсутствие ограничений при детализации системы.

Процесс 1 – прием соискателей на работу. Соискатель с заданной интенсивностью μ_1 приходит в отдел кадров (ОК), становится в очередь и после ожидания в очереди (QT^1_1) попадает на прием. Его документы обрабатываются (занесение данные в компьютерную БД) за определенное время T^1_1 i-м сотрудником ОК, где ($i=1,n$). Если документы не в порядке, то соискатель уходит, если документы в порядке, то он отправляется на собеседование. Если соискатель в льготном списке, то его берут на работу без собеседования. После выхода из очереди (QT^2_1), он попадает на собеседование которое длится T^2_1. Принимается предварительное решение о приеме на работу или отказ. После этого соискатель вновь становится в очередь в отдел кадров. Пройдя очередь (QT^3_1), он попадает на обработку к *i-му* сотруднику ОК, где ($i=1,n$). Задержка на определенное время T^3_1. Если он не прошел собеседование, возврат документов и уход из системы. Если прошел - то подготовка приказа о зачислении. После этого уход и постановка в очередь к директору. Пройдя очередь (QT^4_1), прием у директора. Задержка на время T^4_1. После этого с подписанным приказом он вновь становится в очередь в ОК (QT^5_1). В ОК - задержка на время T^5_1. Оформление на работу. Уход из ОК и из системы.

Процесс 2 – оформление отпусков для сотрудников предприятия. Он аналогичен первому процессу, только приходят в ОК не соискатели работы, а сотрудники, которые работают на данном предприятии. Алгоритм обработки сотрудников в ОК везде такой же, как и при обслуживании соискателей – ожидание в очереди на обслуживание (QT^i_j) и время обслуживания (T^i_j). Количество фаз обслуживания (обозначим их как j, где $j=1,m$) в этом случае меньше – прием заявления, оформление и выдача приказа.

После этого можно построить DFD диаграмму и алгоритм функционирования модели.

Перед исследователем даже такого простого на первый взгляд бизнес-процесса могут быть поставлены достаточно разнообразные задачи, например:

- Минимизации среднего (или максимального) времени, которое тратится соискателями (T_1) и сотрудниками (T_2) на решение вопроса.
- Сокращение количества сотрудников отдела кадров n в пределах заданных и допустимых границ изменения времен T_1 и T_2.
- Уменьшение среднего значения (или максимального) общей длины очереди QL в отдел кадров при реализации заданных бизнес-процессов.

Формально первая задача - минимизации времени обслуживания клиента в ОК в самом упрощенном виде может быть записана следующим образом:

$T_1= F(\mu_1,QT^i_j,T^i_j) \rightarrow Min$ и $T_2= F(\mu_2,QT^i_j,T^i_j) \rightarrow Min$, где $i=1,n$ и $j=1,m$

2 Имитационная модель отдела кадров в среде моделирования GPSS STUDIO

После выбора инструмента моделирования, проводилась формализация алгоритма упрощенной модели отдела на кадров в среде GPSS Studio. Сначала на основе текстового описания и DFD диаграммы бизнес-процесса были выбраны типовые блоки и на их основе сконструирована структурная схема модели в среде GPSS Studio (рис.1).

Затем производится автоматическая сборка и генерация всего текста модели, объединяющей два процесса. Для достижения адекватности представления системы необходимо произвести валидацию и верификацию модели. Далее, на основе отлаженной модели конструируется имитационное приложение в рамках которого мы и будем производить исследование. Для создания имитационного

приложения в среде GPSS Studio имеются специальные средства конструирования диалогов ввода данных в модель, форм представления результатов моделирования и диалогов управления просмотром результатов

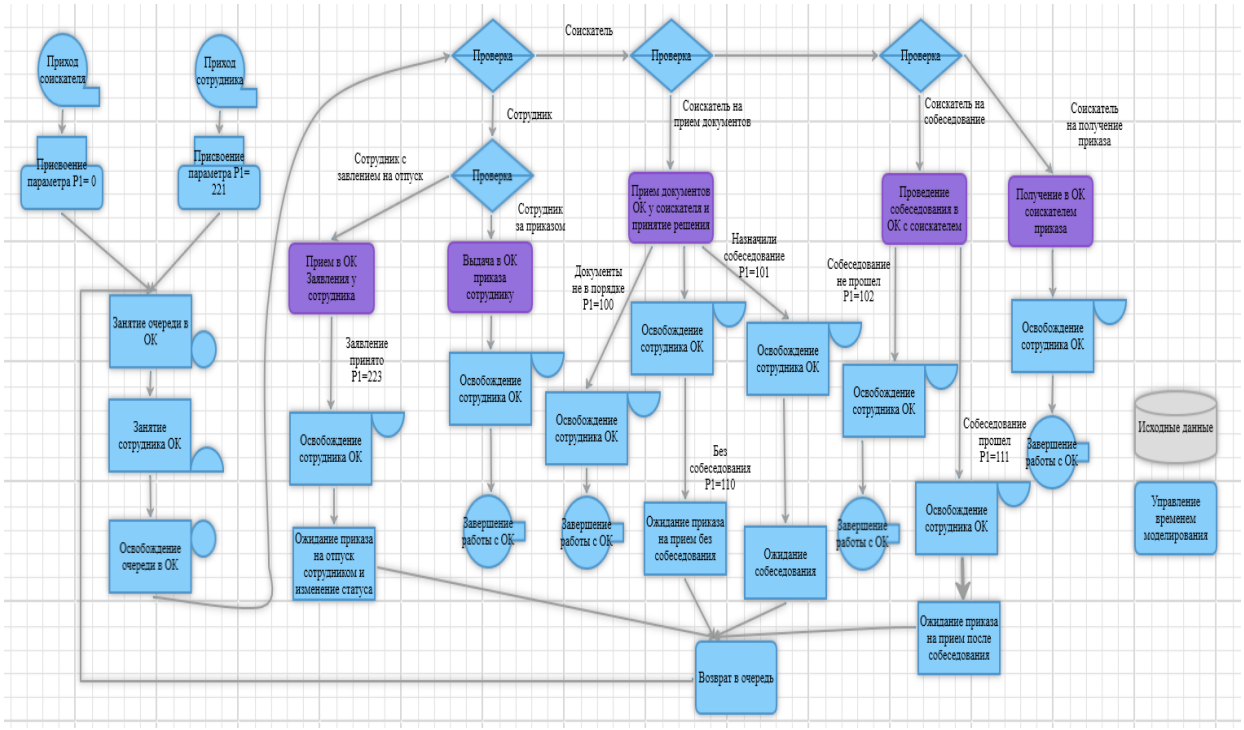


Рис. 1 – Структурная схема модели ОК в GPSS Studio.

В процессе разработки приложения учитывается и возможность решения поставленных перед исследователем задач. Во-первых, выделятся параметры модели, которые будут доступны пользователю для изменений в процессе проведения экспериментов $X=(x_1,x_2,,,x_n)$, которые называются факторами. Во-вторых, определяются показатели функционирования модели за которыми пользователь будет наблюдать в процессе проведения экспериментов $Y=(y_1,y_2,,,y_n)$. В качестве показателей могут быть использованы любые системные числовые атрибуты GPSS модели.

Существует множество инструментов в среде, которые помогают пользователю в исследовании. Это и база исходных данных, база данных результатов, формирование отчета об исследовании и выработке рекомендаций пользователю.

Таким образом, на простой задаче было показано, что совокупность всех возможностей и инструментов среды моделирования GPSS Studio позволяет проанализировать функционирование бизнес-процесса, выделить его «узкие места», и сформулировать рекомендации по их устранению.

3 Результаты моделирования

В результате проведенного исследования возможностей среды моделирования GPSS Studio для создания модели и имитационного приложения бизнес-процессов на примере простой модели отдела кадров, можно сделать следующие выводы и рекомендации:

Графический редактор GPSS Studio может успешно использоваться при описании таких бизнес процессов, где необходим анализ очередей, загрузки ресурсов и временных показателей обслуживания.

Из созданного графического описания, указанных связей и моделей элементарных блоков автоматически генерируется текстовая модель процесса на известном и апробированном языке имитационного моделирования GPSS World.

На основе отлаженной модели средствами среды в терминах предметной области моделируемого процесса можно построить имитационное приложение, которое отделяется от среды моделирования и работает отдельно.

Используя имитационное приложение, можно организовать комплексное имитационное исследование бизнес-процесса посредством проведения одиночных экспериментов и направленных серий экспериментов.

Так как в идеологии GPSS Studio заложена возможность создания предметно-ориентированных библиотек типовых блоков, то в будущем можно создать библиотеку типовых элементов аналогичных IDEF, BPMN, DFD диаграммы для более быстрого описания и моделирования бизнес-процессов.

При построении такой библиотеки необходимость составления программы на GPSS при исследовании отпадет, так как модель бизнес-процесса можно собирать простым соединением стандартных блоков.

Литература

1. *Лычкина Н. Н., Морозова Ю. А., Фель А. В., Корепин В. Н.* Информационные системы управления производственной компанией : учебник и практикум для академического бакалавриата/ под ред.: Н. Н. Лычкина; М. : Юрайт, 2019.-241 с.- Серия : Бакалавр. Академический курс

2. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: учеб. Пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов; под общ. ред. В.В. Девяткова. — М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018.—283с.

ПОНЯТИЙНЫЕ ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ТРЕБУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ

Гинсберг К.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
ginsberg@mail.ru

Аннотация: Отмечается высокая актуальность и практическая значимость научных исследований в области создания методологии структурной идентификации для цели проектирования систем автоматического управления с требуемыми свойствами. Объясняется факт слабой изученности и неразработанности проблемы методологии. Приводится постановка проблемы. Раскрывается содержание понятия «рациональная структурная идентификация».

Ключевые слова: структурная идентификация, методология, понятия, постановка проблемы.

Введение

В настоящее время в современном научном знании отсутствует методология структурной идентификации для цели проектирования систем автоматического управления с требуемыми свойствами. В самом первом приближении эта методология представляет собой научно обоснованную детализированную системно-функциональную эталонную модель поведения субъекта структурной идентификации.

Указанное состояние научного знания о структурной идентификации представляется недопустимым по двум основаниям. Во-первых, техническое обновление устаревших производственных фондов всегда связано с вводом в действие нового более высокопроизводительного основного технологического оборудования (объекта управления) и соответственно с вводом в действие новой более эффективной системы управления. При этом часто требуется ввести в действие систему управления (или, по крайней мере, окончить ее монтаж) одновременно с вводом в действие основного технологического оборудования, что во многих случаях невозможно без проведения структурной идентификации в чрезвычайно короткие сроки. А для этого необходима хорошо разработанная методология структурной идентификации.

Во-вторых, использование методологии позволяет существенно повысить эффективность структурной идентификации как экспериментального метода исследования крупномасштабных объектов, с меньшими интеллектуальными трудностями реализовать процесс автоматизации крупномасштабных систем, снизить требования к профессиональной подготовке коллектива разработчиков как субъекта процесса структурной идентификации, существенно уменьшить его продолжительность.

Отсутствие методологии имеет место при существенном научном интересе к проблеме структурной идентификации. Автором настоящей работы составлена библиография публикаций по проблеме структурной идентификации с 1937 по 2011 гг., содержащая ссылки на 49 книг, 40 обзоров и 89 статей. В подавляющем большинстве этих публикаций решается проблема разработки математических методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур технического объекта (кратко – математических методов выбора).

Только небольшое число публикаций включают разделы, содержание которых можно в первом приближении отнести к исследованиям по различным аспектам методологии. Модельной структурой здесь называется семейство математических моделей технического объекта, параметризованное скалярным или векторным параметром с заданным множеством допустимых значений в евклидовом пространстве. Все параметры этого семейства выбираются таким образом, чтобы их эмпирические значения можно было определить на основе традиционных методов параметрической идентификации.

Направление исследований, которое нацелено преимущественно на решение проблемы разработки математических методов выбора, назовем традиционным. Это направление, по мнению автора настоящей работы, включает все публикации по проблеме структурной идентификации до начала 2015 года и продолжается в настоящее время. Возникновение и широкое развитие этого направления вызвано насущными потребностями науки и инженерной практики в вычислительных методах выбора типа математической модели реального объекта на основе обработки эмпирических данных о входных и выходных сигналах объекта.

Небольшое количество публикаций в области методологии вызвано значительными трудностями постановки проблем рационально организованной структурной идентификации из-за их междисциплинарного характера. Предполагается, что указанные трудности легче преодолеть, конкретизируя контекст и содержание решаемых междисциплинарных проблем. Для реализации этой идеи предлагается нетрадиционный подход к исследованию структурной идентификации. Его ключевые установки:

- изучение любого вида рационально организованной структурной идентификации на теоретическом уровне исследования необходимо осуществлять, рассматривая эту идентификацию как процесс практического познания технического объекта, системный объект и обязательную компоненту инженерной практики создания реальных технических систем с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности;
- методы и средства рациональной организации конкретного вида структурной идентификации необходимо разрабатывать на основе учета особенностей порождающей этот вид инженерной практики и применения общих положений системного, функционального и когнитивного подходов.

Представленные в настоящей работе результаты включают обоснование актуальности и практической значимости проблемы методологии структурной идентификации, постановку проблемы методологии и подход к ее решению, раскрытие содержания понятия «рациональная структурная идентификация». Истоком нового направления исследований являются работы [1-7]. Однако эти работы в совокупности создают только интеллектуальные основания для начала исследований.

1 Постановка проблемы методологии структурной идентификации

Проведенный анализ и синтез различных точек зрения на содержание структурной идентификации как определенной компоненты инженерной практики и полученные содержательные обобщения позволяют выдвинуть гипотезу о наличии у любой рационально организованной структурной идентификации трех базисных свойств:

- субъектом структурной идентификации является коллектив разработчиков САУ, который осуществляет практическое познание технического объекта как объекта управления, нацелен на построение его адекватной модельной структуры и мотивирован на создание реальной САУ с требуемыми свойствами;
- структурная идентификация является обязательной компонентой инженерной практики создания реальной САУ с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности;
- структурную идентификацию нельзя вычленить из инженерной практики создания реальной САУ с требуемыми свойствами и рассматривать независимо и автономно от других процессов этой практики, не потеряв при этом существенных для ее функционирования связей.

Указанные базисные свойства занимают особое место в составе методологии структурной идентификации, задавая начальное общее представление о рационально организованной структурной идентификации. Центральный вопрос проблемы методологии сформулируем следующим образом. Какой должна быть методология, чтобы на основе ее методов и средств профессионально подготовленные коллективы разработчиков могли организовать процесс выдвижения гипотез об адекватной модельной структуре технического объекта, способных выдержать в системном

окружении структурной идентификации заданную разработчиками всестороннюю проверку на соответствие объективной реальности? Адекватной модельной структурой технического объекта здесь называется модельная структура, которая обладает двумя основными свойствами. Во-первых, она представляет технический объект в математической формулировке адекватной задачи синтеза закона управления техническим объектом. Во-вторых, на основе указанной модельной структуры коллектив разработчиков в процессе научно организованной параметрической идентификации может построить адекватную математическую модель технического объекта.

Предлагается для решения проблемы методологии в первую очередь разрабатывать системно-функциональную эталонную модель поведения субъекта структурной идентификации и эталонную модель ключевых познавательных установок субъекта. Считается, что методология может быть успешно разработана, если ее содержание будет основываться на трех постулированных базисных свойствах рационально организованной структурной идентификации.

2 Понятие о рациональной структурной идентификации

Рациональной структурной идентификацией называется итерационный процесс порождения и первичной проверки гипотез об адекватной модельной структуре технического объекта на основе анализа и синтеза знаний и эмпирических данных об этом объекте, целью которого является выдвижение гипотез, способных выдержать в системном окружении рациональной структурной идентификации заданную коллективом разработчиков САУ всестороннюю проверку на соответствие объективной реальности.

Рациональная структурная идентификация состоит из познавательной деятельности коллектива разработчиков САУ и процессов функционирования технических средств. Поведение субъекта рациональной структурной идентификации представляет собой итерационный процесс, каждая итерация которого включает четыре стадии:

1) содержательная постановка проблемы отыскания адекватной модельной структуры технического объекта;
2) определение наиболее предпочтительных (с точки зрения определенных показателей) гипотез об адекватной модельной структуре;
3) экспертное оценивание и анализ наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре;
4) принятие решения о переходе к следующей итерации поведения субъекта или решения о начале всесторонней проверки в системном окружении структурной идентификации наиболее предпочтительных гипотез, определенных на стадии 2) и прошедших первичную проверку на стадии 3).

Вторая стадия итерации включает четыре этапа:

1) экспертный анализ причин отклонения гипотез об адекватной модельной структуре, исследованных в системном окружении рациональной структурной идентификации до начала текущей итерации;
2) формирование набора рабочих гипотез об адекватной модельной структуре;
3) отбор приемлемых (с точки зрения разработчиков) методов выбора наиболее предпочтительной гипотезы из заданного набора рабочих гипотез;
4) определение наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре с помощью приемлемых методов выбора.

Цель первого и второго этапов второй стадии – формирование такого набора рабочих гипотез, в котором хотя бы одна гипотеза содержит точное математическое описание адекватной модельной структуры, т.е. является верной гипотезой. Цель третьего и четвертого этапов второй стадии – выбор верной гипотезы из имеющегося набора рабочих гипотез в случае, если этот набор содержит верную гипотезу.

Литература

1. Isermann R. New result on the identification of processes // Automatica. 1971. Vol. 7. № 2. – P.191-197.

2. Aizerman M.A. A Man and a Collective as Elements of a Control System // Automation and Remote Control. 1975. Vol. 36. № 5. Part 1. – P.776-785.

3. Eykhoff P. System Identification: Parameter and State Estimation. London: Wiley, 1974. – 555p.

4. Eykhoff P. Identification Theory: Practical Implications and Limitations // Proceeding of the 4th IMEKO Symposium on Measurement and Estimation, Bressanone (Brixen), Italy, May 8-12, 1984. – P.VI-XVI.

5. Ljung L. System Identification – Theory for User. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersy, USA, 1987. – 519p.

6. Ljung L. Perspectives on System Identification // Plenary Papers, Milestone Reports & Selected Survey Papers of 17th IFAC World Congress. Seoul, Korea. July 2008. – P.47-59.
7. Ginsberg K.S. System Laws and Identification Theory // Automation and Remote Control. 2002. Vol. 63. № 5. – P.838-849.

КОМБИНИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ РАБОТ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ

Гончар Д.Р.
ВЦ ФИЦ ИУ РАН, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д.40
dgonchar@ccas.ru

Аннотация: Рассматривается минимаксная задача составления расписания минимальной длины без прерываний для многопроцессорной системы. Для решения данной задачи предложен параллельный алгоритм на основе метода ветвей и границ ограниченной глубины и алгоритмы для проверки качества полученного решения.

Ключевые слова: многопроцессорная система, работы без прерываний, расписание минимальной длины.

Введение

Предложенная версия алгоритма сочетает использование подхода метода ветвей и границ для обхода заданной части дерева решений, а остальные задания назначаются согласно эвристическому алгоритму, что дает дополнительные возможности при выборе наиболее подходящего к условиям решения данной задачи алгоритма.

1 Постановка задачи

Рассматривается множество работ $N = \{1, 2, \ldots, n\}$, подлежащее выполнению, и вычислительная система, состоящая из m процессоров для их обработки. Время выполнения работы i на процессоре j равно t_{ij} ($i = 1, 2, \ldots, n$; $j = 1, 2, \ldots, m$). При выполнении работ не допускаются переключения с одного процессора на другой и прерывания. В заданный момент времени каждый процессор может выполнять не более одной работы, а каждая работа может выполняться не более чем одним процессором.

Расписание выполнения работ N определим как разбиение множества N на m непересекающихся подмножеств $N_1, N_2, \ldots, N_m$ ($N = \bigcup_{j=1}^{m} N_j$; $N_{j_1} \bigcap N_{j_2} = \varnothing$ при $j_1 \neq j_2$). Работы из множества N_j приписываются процессору j и выполняются на нем одна за другой в произвольном порядке. Величина $Q_j = \sum_{i \in N_j} t_{ij}$ – загруженность процессора j ($j = 1, 2, \ldots, m$), а $\max_{j=1, 2, \ldots, m} Q_j$ – это длина расписания. Задача заключается в построении расписания минимальной длины, т.е. оптимального по быстродействию расписания.

Подобные задачи широко освещены в литературе. При их решении применяются, например, такие методы, как случайный и исчерпывающий поиск, методы математического программирования [1], метод ветвей и границ [2, 3], муравьиные алгоритмы, поиск с запретами, вероятностные алгоритмы, генетические алгоритмы [4], метод имитации отжига, различные эвристические алгоритмы [5], алгоритмы агрегирования и др.

2 Метод ветвей и границ

2.1 Ветвление

Множество всех расписаний (их число равно m^n) будем описывать в виде дерева расписаний. На нулевом уровне дерева находится корень, который соответствует множеству всех расписаний. На первом уровне находится m вершин, каждая из которых соответствует множеству всех расписаний, в которых первая работа назначена на определенный процессор. На втором уровне дерева находится m^2 вершин, каждая из которых соответствует множеству всех расписаний, в которых первые две работы назначены на один или два определенных процессора. На n-м уровне дерева расписаний находится m^n листьев, каждый из которых соответствует некоторому расписанию выполнения множества работ N.

Пусть x_k – некоторый узел уровня k дерева расписаний, $R(x_k)$ – множество всех расписаний, соответствующих этому узлу (т.е. множество расписаний, в которых работы 1, 2, …, k назначены на определенные процессоры), x_{k+1}^j – узел уровня $k+1$ ($k < n$), связанный с узлом x_k ребром, соответствующим процессору j. Наша цель – вычисление нижней и верхней оценок минимальной длины расписания на множестве $R(x_k)$. Имея эти оценки, можно применить стандартную схему метода ветвей и границ [6] (например, одностороннего или фронтального ветвления).

2.2 Нижняя оценка

Пусть T_j ($j = 1, \ldots, m$) – загруженность процессора j после назначения первых k работ (т.е. T_j – это суммарная длительность работ из числа 1, 2, …, k, назначенных на процессор j). Нижнюю оценку $L(x_k)$ минимальной длины расписания на множестве $R(x_k)$ будем вычислять следующим образом: $L(x_k) = \max(L_1(x_k), L_2(x_k), L_3(x_k))$, где $L_1(x_k)$, $L_2(x_k)$, $L_3(x_k)$ – это нижние оценки, вычисленные тремя различными способами.

Величина $L_1(x_k)$ вычисляется как следующий максимум: $L_1(x_k) = \max\limits_{j=1,2,\ldots,m} T_j$. При хранении величины $T_1, T_2, \ldots, T_m$ в виде обычного массива сложность вычисления $L_1(x_k)$ составляет $\theta(m)$.

Величина $L_2(x_k)$ вычисляется как следующий максимум:

$$L_2(x_k) = \max_{i=k+1,\ldots,n} \min_{j=1,\ldots,m} (T_j + t_{ij})$$

При использовании для этого обычного двумерного массива A с элементами $a_{ij} = T_j + t_{ij}$, $i = k+1, \ldots, n$; $j = 1, 2, \ldots, m$ сложность вычисления величины $L_2(x_k)$ составляет $\theta(mn)$.

Величина $L_3(x_k)$ вычисляется по формуле.

$$L_3(x_k) = \frac{1}{m}\left(\sum_{j=1}^{m} T_j + \sum_{i=k+1}^{n} \min_{j=1,\ldots,m} t_{ij}\right)$$

2.3 Верхняя оценка

В качестве верхней оценки $H(x_k)$ минимальной длины расписания на множестве $R(x_k)$ возьмем длину расписания, в котором работы 1, 2, …, k назначены на процессоры в соответствии с вершиной x_k дерева расписаний, а работы $k+1$, …, n назначаются по следующему "жадному" алгоритму. Пусть уже назначены работы 1, 2, …, p ($k \le p < n$), T_j – загруженность процессора j ($j = 1, 2, \ldots, m$) и $\min(T_1 + t_{p+1,1}, \ldots, T_m + t_{p+1,m}) = T_{j_0} + t_{p+1,j_0}$. Тогда работа $p+1$ назначается на процессор j_0. Указанная процедура повторяется для $p = k, k+1, \ldots, n-1$. Сложность процедуры вычисления величины $H(x_k)$ составляет $O(mn)$. В случае, когда процессоры идентичные (т.е. $t_{ij_1} = t_{ij_2}$ при всех $1 \le j_1, j_2 \le m$) работа $p+1$ назначается на процессор j_0, определяемый соотношением $\min(T_1, T_2, \ldots, T_m) = T_{j_0}$.

3 Распараллеливание обхода дерева в методе ветвей и границ при реализации алгоритма в многопроцессорной системе

При применении метода ветвей и границ происходит последовательное разбиение множества допустимых решений на подмножества: на каждом последующем шаге новые подмножества образуются в итоге разбиения некоторых подмножеств, полученных на предыдущих шагах. Так строится дерево решения исходной задачи. Такое разбиение продолжается до тех пор, пока для подмножеств, соответствующих концевым вершинам дерева, решение задачи уже не требует разбиения. В итоге разбиения начальная задача распадается на ряд подзадач, которые могут решаться в значительной степени независимо друг от друга.

Поскольку полная реализация метода ветвей и границ обладает высокими требованиями к объёму оперативной памяти и довольно трудоёмка в расчётах, для ряда задач, по мнению автора, имеет смысл применять комбинированный алгоритм, когда первые k уровней дерева решений получаемого расписания исследуются по методу ветвей и границ, а оставшиеся – на основе одно из известных эвристических алгоритмов [5, 7].

Это предложение было программно реализовано автором, с его помощью проведены расчёты, показавшие весьма высокую точность получаемых решений (по сравнению с длительностью рассчитываемой для соответствующих входных данных идеальной оценки длительности расписания).

Литература

1. *Кочетов Ю.А., Столяр А.А.* Использование чередующихся окрестностей для приближенного решения задачи календарного планирования с ограниченными ресурсами // Дискретный анализ и исследования операций. Сер. 2. 2003. Т. 10. № 2. С. 29–56.
2. *Алексеев О.Г.* Комплексное применение методов дискретной оптимизации. М.: Наука, 1987.
3. *Фуругян М.Г.* Некоторые алгоритмы решения минимаксной задачи составления многопроцессорного расписания. // Изв. РАН, ТиСУ. 2014, № 2. С. 50–56.
4. *Костенко В.А., Смелянский Р.Л., Трекин А.Г.* Синтез структур вычислительных систем реального времени с использованием генетических алгоритмов// Программирование. 2000. № 5. С. 63–72.
5. *Brucker P.* Scheduling Algorithms. Heidelberg, Springer, 2001.
6. *Коглер В., Штиглиц К.* Перечислительные и итеративные алгоритмы. В кн.: Теория расписаний и вычислительные машины. Под ред. Коффмана Э.Г. М.: Наука, 1984. С. 251–288
7. *Гончар Д.Р.* Параллельная реализация мультиоценочного алгоритма составления многопроцессорного расписания без прерываний. // Некоторые алгоритмы планирования вычислений и методы многокритериальной оптимизации для многопроцессорных систем. М.: ВЦ РАН, 2014. С. 21–31.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Горелов М.А

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, Россия, г. Москва ул. Вавилова д.40

griefer@ccas.ru

Аннотация: Исследуются две иерархических игры со случайными факторами, в которых игрок верхнего уровня помимо выбора своего управления выбирает еще и приемлемую для него степень риска. Приводится и анализируется определение максимального гарантированного результата в предположении доброжелательности игрока нижнего уровня. Предлагается три содержательных интерпретации изучаемых моделей.

Ключевые слова: информационная теория иерархических систем, максимальный гарантированный результат в игре с доброжелательным игроком, принцип Value at Risk.

Введение

Данный доклад посвящен исследованию иерархической игры двух лиц со случайным фактором. Подобные модели начали активно исследоваться в 70-х годах прошлого века практически одновременно и независимо в теории иерархических игр, теории активных систем и теории контрактов (обзоры полученных результатов и дальнейшие ссылки можно найти в [1 - 3]). Практически во всех работах, посвященных исследованию такого рода моделей, делается одно предположение: игрок верхнего уровня предполагается риск-нейтральным.

В данном докладе это предположение заменяется принципом Value at Risk. Смысл соответствующих конструкций таков. Фиксируется некое число $\xi \in [0,1]$. В множестве A значений случайного фактора выбирается подмножество B, мера которого не меньше заданного числа ξ, и значения случайного фактора, не принадлежащие B исключаются из рассмотрения. А далее игрок верхнего уровня предполагается осторожным.

Этот принцип достаточно популярен среди экономистов (см. [4]) но в теоретико-игровых моделях до недавнего времени не использовался. Исследование таких моделей было начато в [5].

В [5] предполагалось, что игрок верхнего уровня осторожен по отношению к рациональным выборам второго игрока. В данном докладе делается иное предположение: игрок нижнего уровня предполагается доброжелательным к своему партнеру. Такой принцип оптимальности тоже достаточно широко распространен (иногда его называют равновесием Штакельберга).

Однако есть одна проблема. Традиционное определение математически корректно только в том случае, когда в рассматриваемой игре при любой фиксированной стратегии игрока верхнего уровня максимум выигрыша его партнера непременно достигается. Альтернативное определение подобного принципа оптимальности было впервые предложено в [6].

В докладе исследуются две модели описанного типа. В обеих предполагается, что игрок верхнего уровня обладает правом первого хода. В одной из них предполагается, что выбирая решение, игрок верхнего уровня не имеет информации о выборе партнера. В другой считается, что игрок верхнего уровня в момент окончательного выбора своего управления точно знает выбор второго игрока. В обеих моделях предполагается, что игрок нижнего уровня в момент принятия решения знает

реализовавшееся значение случайного фактора, а игроку верхнего уровня известна только вероятностная мера на множестве его возможных значений.

1 Игры со случайными факторами

Игрой со случайными факторами в дальнейшем будем называть шестерку $\Gamma = \langle U, V, A, g, h, \wp \rangle$. Здесь U, V и A – множества, g – функция, отображающая декартово произведение $U \times V$ в множество действительных чисел $\mathbf{R}$, h: $U \times V \times A \to \mathbf{R}$, а $\wp$ – вероятностная мера на множестве A.

Интерпретируются эти конструкции следующим образом. Предполагается, что в игреимеются два участника, которых будем называть первым и вторым игроками. Множество U интерпретируется как множество управлений первого игрока, множество V – как множество управлений его партнера. Будем полагать, что интересы первого и второго игроков описываются стремлением к максимизации функций g и h соответственно. Значение неопределенного фактора $\alpha \in A$ выбирается Природой в соответствии с распределением $\wp$.

Сделаем следующие технические предположения. Множества U, V и A будем считать наделенными топологиями и компактными. Функции g и h будем предполагать непрерывными. Меру $\wp$ будем считать борелевской.

Рассмотрим другую игру $\Gamma_* = \langle U_*, V_*, A, g_*, h_*, \wp \rangle$, определенным образом связанную с игрой Γ.

Обозначим через $\Phi(X,Y)$ класс всех функций из множества X в множество Y. Пусть $U_* = \Phi(V \times A, U)$, $V_* = V \times A$, а функции g_* и h_* определяются условиями $g_*(u_*,v_*) = g(u_*(v,\beta),v)$, $h_*(u_*,v_*,\alpha) = h(u_*(v,\beta),v,\alpha)$, где $v_* = (v,\beta)$. Множество A и мера $\wp$ на нем те же, что и в игре Γ.

Интерпретировать эти конструкции можно следующим образом. Игроки выбирают свои «физические» управления из множеств U и V. Но к моменту выбора своего управления $u \in U$ первый игрок получает достоверную информацию об управлении $v \in V$, выбранном его партнером. Кроме того, второй игрок может передать первому информацию о реализации неопределенного фактора. Однако эта информация не обязана быть достоверной, то есть второй игрок вправе выбрать некоторое сообщение $\beta \in A$, которое он передаст партнеру. Свое физическое управление $u_*(v,\beta)$ первый игрок выбирает на основе всей полученной информации, а выигрыши обоих игроков зависят лишь от сделанных ими физических выборов.

2 Гарантированный результат в играх с доброжелательным вторым игроком

Начнем с интерпретации.

Считаем, что все параметры игры Γ точно известны первому игроку. Будем предполагать, что события разворачиваются следующим образом. Вначале первый игрок выбирает свое управление $u \in U$. Затем реализуется конкретное значение неопределенного фактора $\alpha \in A$ (в соответствии с заданной вероятностной мерой $\wp$). Значения u и α становятся известными второму игроку. Таким образом, для второго игрока никакой неопределенности не остается. Если функция выигрыша h действительно описывает интересы второго игрока, то он выберет управление, максимизирующее значение этой функции при заданных значениях u и α. В дополнение к этому будем считать, что второй игрок доброжелателен к партнеру, т. е. если точек максимума его функции выигрыша несколько, то он выберет ту из них, которая предпочтительнее для первого игрока. Такой принцип поведения известен первому игроку. Но поскольку значение α первому игроку не известно, для него этот результат является случайной величиной. Отношение первого игрока к этой неопределенности следующее. Он согласен исключить из рассмотрения некоторое число «форсмажорных» событий, суммарная вероятность которых меньше заданной величины $1 - \xi$. А в остальном он ориентируется на наихудший для себя случай и хочет получить максимальный гарантированный результат.

Определение 1. Пусть задано число $\xi \in [0,1]$. Число γ является ξ-гарантированным результатом первого игрока в игре Γ с доброжелательным вторым игроком, если существуют измеримое множество $B \subset A$, мера $\wp(B)$ которого больше или равна ξ, и такая стратегия $u \in U$, что для любого $\alpha \in B$ найдется число λ, для которого выполняются следующие условия:

1°. существует $w \in V$, для которого $h(u,w,\alpha) \geq \lambda$ и $g(u,v) \geq \gamma$;

2°. для любого $v \in V$ либо $g(u,v) \geq \gamma$, либо $h(u,v,\alpha) \leq \lambda$.

Точная верхняя грань $R(\Gamma)$ всех ξ-гарантированных результатов первого игрока называется его максимальным ξ-гарантированным результатом в игре с доброжелательностью.

3 Интерпретации

Методологическая. Наиболее оправданным методологически является принцип максимального гарантированного результата. И на практике он используется очень часто. Но принцип

максимального гарантированного результата имеет одну не очень привлекательную сторону. Если проводить его совсем уж последовательно, то нельзя исключать возможность того, что игроку «не свалится на голову кирпич» или не произойдет еще что-то столь же неприятное. А постоянно ориентируясь на такого рода случаи, вряд ли можно принимать эффективные решения.

На практике, да и в теории [6], из этой ситуации используется следующий выход. Часть совсем уж «фатальных» значений неопределенного фактора исключается из рассмотрения, а по отношению к оставшейся части используется принцип максимального гарантированного результата. На каком же основании некоторые возможности исключаются из рассмотрения? Видимо потому, что оперирующая сторона считает их «маловероятными».

Управление рисками. Величину 1 – ξ в данной модели естественно рассматривать как меру риска. Таким образом, в модели явно описываются как «доходность», оцениваемая величиной выигрыша g(u,v), так и риск. Это представляется достаточно важным.

Вполне естественно предположить, что величина ξ является управлением оперирующей стороны (первого игрока), наряду с u. Можно предполагать, что порядок принятия решений является следующим. Вначале первый игрок фиксирует ξ и u (или u* и ξ соответственно), затем реализуется значение неопределенного фактора α, потом свое управление выбирает второй игрок.

Захват рынка. Предположим, первый игрок – это фирма, оказывающая какие-то услуги (банк, телефонная компания и т.п.). Имеется некоторое множество потенциальных потребителей этих услуг. Но разные потребители могут иметь несовпадающие интересы. Можно интерпретировать параметр $\alpha \in A$ как тип потребителя, считая, что интересы потребителя типа α описываются стремлением к максимизации значения функции h(u,w,α). Мера $\wp$ описывает распределение потребителей по типам: потребители одного типа могут встречаться чаще, потребители другого – реже.

Вполне разумной представляется следующая постановка задачи управления фирмой: требуется охватить заданную долю рынка, а от каждого своего клиента получить максимальный возможный результат. При этом вполне естественно считать, что все потенциальные потребители получают от фирмы одно и то же предложение, не зависящее от их типов

4 Игра без обратной связи

Займемся вычислением величины $R(\Gamma)$ при сделанных в первом параграфе предположениях топологического характера.

Введем обозначение. $$BR(u,\alpha) = \left\{ v \in V : h(u,v,\alpha) = \max_{w \in V} h(u,w,\alpha) \right\}$$

Пусть $\theta(x)$ =1 при $x \geq 0$ и $\theta(x) = 0$, если $x < 0$.

Теорема 1. Для того, чтобы число γ было ξ-гарантированным результатом первого игрока в игре Γ, необходимо и достаточно, чтобы выполнялось неравенство $\max_{u \in U} \mathrm{M}\theta\left(\min_{v \in BR(u,\alpha)} g(u,v) - \gamma \right) \geq \xi$.

5 Игра с обратной связью

Обратимся к вычислению максимального гарантированного результата $R(\Gamma_*)$ для наделенной дополнительной структурой игры $\Gamma_* = \langle U_*, V_*, A, g_*, h_*, \wp \rangle$, описанной в параграфе 1. Для этого потребуется одно дополнительное предположение.

Гипотеза 1. Функция h такова, что существует такое управление $u^p \in U$, что для любого $v \in V$ и любого $\alpha \in A$ выполняется равенство $h(u^p, v, \alpha) = \min_{u \in U} h(u,v,\alpha)$.

Обозначим $E(\gamma) = \left\{ v \in V : \max_{u \in U} g(u,v) < \gamma \right\}$.

Теорема 2. Пусть гипотеза 1 верна. Тогда для того, чтобы число γ было ξ-гарантированным результатом в игре Γ_* необходимо и достаточно, чтобы $\mathrm{M}\theta\left(\inf_{v \in E(\gamma)} \max_{u \in U} \left(l(\alpha,\gamma) - h(u,v,\alpha) \right) \right) \geq \xi$.

Можно заменить гипотезу 1 следующим предположением.

Гипотеза 2. Существует такое управление $u \in U$, что неравенство $\max_{v \in V} h(u,v,\alpha) < l(\alpha,\gamma)$ выполняется для всех $\alpha \in A$.

Литература

1. Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф. Анализ конфликтных ситуаций в системах управления. – М.: Радио и связь, 1991. – 287 с.

2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.

3. Bolton P., Dewatripont M. Contract Theory. – Mass.: MIT Press, 2005. – 740 p.
4. Dempster M.A.H. (ed.) Risk Management. Value at Risk and Beyond. – Cambridge: Cambridge University Press, 2002. – 290 p.
5. Горелов М.А. Принцип «Value at Risk» в иерархической игре // Управление большими системами. Вып. 72. М.: ИПУ РАН, 2018. С. 6 - 26.
6. Горелов М.А. Максимальный гарантированный результат в иерархических играх // Управление большими системами. Вып. 67. М.: ИПУ РАН, 2017. С. 4 - 31.

НОВЫЕ СВОЙСТВА СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Гранин С.С., Мандель А.С
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
ssgranin@gmail.com; almandel@yandex.ru

Аннотация: представлены результаты имитационного моделирования стационарных стратегий управления запасами с использованием усовершенствованного пакета программ в среде MATHLAB в условиях действия случайных возмущений и при учете ненадежности поставщиков. Полученные результаты позволили выявить некоторые неожиданные свойства оптимальных стационарных стратегий и дать им теоретическое обоснование.

Ключевые слова: управление запасами, стационарные режимы, случайные возмущения.

Введение

В настоящей работе представлены результаты имитационного моделирования стационарных стратегий управления запасами с использованием усовершенствованного пакета программ в среде MATHLAB в условиях действия случайных возмущений и при учете ненадежности поставщиков (см. обзор [1] и работы [2–5]. Полученные результаты позволили выявить некоторые неожиданные свойства оптимальных стационарных стратегий и дать им основанные на математической теории управления запасами и производством [6, 7] теоретические обоснования.

1 Постановка задачи

Рассматривается многошаговая однопродуктовая задача управления запасами в дискретном времени с критерием оптимальности в форме минимума суммарных средних затрат в периоде планирования. В критерии оптимальности учитываются затраты на хранение с коэффициентом h удельных затрат на хранение на одном шаге; потери вследствие дефицита с коэффициентом d удельных потерь вследствие дефицита на одном шаге и затраты на пополнение запасов с фиксированной составляющей расходов на одну поставку в размере A и пропорциональной компонентой затрат в размере cu, где c – стоимость при обретения складом одной единицы товара, а u – размер поставки (управление). Кроме того, учитывается переоценка будущих затрат с коэффициентом дисконтирования α: $0 \le \alpha \le 1$.

Как известно [6, 7], оптимальная стратегия управления запасами формируется в результате решения уравнений дискретного динамического программирования и оказывается двухуровневой. Иначе говоря, для каждого номера шага n (в обратном времени) можно указать два числа R_n и r_n таких, что оптимальная стратегия управления запасами состоит в выборе размера поставки $u_n(x)$, с использованием этих параметров. Текущие (по номеру n) значения параметров R_n и r_n обладают тем свойством, что существуют пределы $R = \lim_{n\to\infty} R_n$ и $r = \lim_{n\to\infty} r_n$, которые называются параметрами стационарной стратегии управления запасами. Эти параметры используются тогда, когда период планирования очень велик и, как показывают эксперименты, на текущие значения параметров, зависящие от номера индекса n можно переходить достаточно поздно.

Представляет интерес изучение свойств стационарных значений параметров R и r в зависимости от значений коэффициента дисконтирования α, а также стоимостных параметров h, d, c и A. Не менее важно оценить скорость сходимости параметров R_n и r_n к их предельным значениям R и r.

2 Результаты имитационного моделирования

Приводится несколько графиков, полученных в результате имитационного моделирования. При этом рассматривалось три варианта распределений спроса на одном шаге: (а) экспоненциальное распределение, (б) гауссово распределение и (в) равномерное распределение.

Как видно из приведенных примеров для гауссова распределения спроса и заметно ограниченного равномерного распределения характер графиков как функций эконометрических параметров имеют характер наклонной «лестницы».

3 Интерпретация результатов моделирования

Показано, что если бы спрос был детерминированным, то изменение параметров оптимальных стратегий ведет себя с изменением эконометрических характеристик задачи чисто скаякообразно (как лестница с горизонтальными ступенями.

Понятно, что, если спроса случаен, но случайность «близка» к детерминистскому случаю, то ступеньки этой «лестницы» отклонятся от горизонтали. «Лестница» станет наклонной, что и подтверждается графиками на рис. 2–4.

Заключение

Представлены результаты моделирования системы управления запасами в дискретном времени. Моделирование позволило оценить роль случайных возмущении в эволюции системы и обнаружить, что в характере изменения параметров оптимальных стратегий возможно наличие флуктуаций, обусловленных тем, насколько отличаются от детерминированных реальные распределения спроса.

Литература

1. Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B. Supply Chain Design With Disruption Considerations: Review of Research Streams on the Ripple Effect in the Supply Chain / Preprints of the 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing May 11-13, 2015. Ottawa, Canada/ - P. 1745–1752

2. Mandel A., Granin S., Vilms M. Simulation of inventory control process for supply chain with several suppliers / Proceedings of the 10th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). M.: IEEE, 2017. https://ieeexplore.ieee.org/document/8109628/.

*3. Ghorbel N. Addouche, S-A., Mhamedi A. El***,** Forward management of spare parts stock shortages via causal reasoning using reinforcement learning. / Preprints of the 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing May 11-13, 2015. Ottawa, Canada/ - P. 1117–1122.

4. Mandel A., Granin S. Optimization of Inventory Management Process / Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Logistics, Informatics and Service Science (LISS2018). Bejing: IEEE CFP18LIS-CDR, 2018. P. 178-182.

5. Sawik T. Integrated Supply Chain Scheduling under Multi-Level Disruptions. / Preprints of the 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing May 11-13, 2015. Ottawa, Canada/ - P. 1560–1565.

6. Hadley G., Whitin T. M. Analysis of Inventory Systems, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.

7. Lototsky V.A., Mandel, A.S. Inyentory control theory models and methods. _ Moscow: Nauka, 199l – 188 p. (In Russian)

МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОБУЧАЮЩИХ МНОЖЕСТВ В ЗАДАЧАХ НЕЙРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ РОБОТАМИ

Диане С.А.К., Лесив Е.А., Зинченко И.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
diane1990@yandex.ru, smailsbobs@gmail.com, ziv97@mail.ru

Аннотация: Описана технология автоматического синтеза обучающих множеств для настройки нейросетевых анализаторов изображений в виртуальной среде с использованием средств трехмерной графики. Предложены принципы формирования обучающих выборок для задач классификации объектов. Исследована возможность применения нейросетевых классификаторов, обученных на виртуальных множествах, при решении реальных прикладных задач.

Ключевые слова: классификация визуальных образов, синтез обучающих множеств, трехмерная графика, нейронные сети

Введение

За последние несколько десятилетий проведено огромное количество исследований, посвященных вопросам картографирования среды функционирования автономных роботов. Одновременно с этим активное внимание научного сообщества привлечено к вопросам обучения нейронных сетей для решения задач визуальной классификации и анализа геометрических параметров объектов. С одной стороны, очевидно, что совмещение двух этих направлений обеспечит повышение информативности

формируемых карт, за счет добавления в них семантической информации об объектах, расположенных в исследуемой зоне.

С другой стороны, задача визуальной классификации является комплексной и на сегодняшний день решена не полностью. С развитием вычислительной техники, стало очевидно, что наилучшие результаты при распознавании визуальных образов дают сверточные нейронные сети (СНС). Однако привлечение искусственных нейронных сетей (ИНС) любого типа для решения конкретных прикладных задач требует не только правильного выбора архитектуры нейронной сети, но и подготовки множества данных для ее обучения.

Большинство работ в данном отношении полагаются на использование обучающих множеств, сформированных вручную [1, 2], что чревато неполнотой, а зачастую и неточностью в составлении входных и выходных образов ИНС, равно как и невозможностью оперативной подстройки сети под решение новых задач. Альтернативный подход, предлагаемый в настоящем исследовании, связан с автоматической генерацией обучающих выборок для решения задач визуального анализа изображений.

1 Задачи визуального анализа изображений

В рамках научной проблематики визуального анализа изображений можно выделить несколько основных задачи, решение каждой из которых допускает применение технологии нейронных сетей, обучаемых на базах аннотированных примеров: 1) визуальная классификация одиночных объектов; 2) локализация и оценка геометрических параметров объектов; 3) визуальная навигация и оценка состояния внешней среды; 4) визуальная сегментация объектов на изображении; 5) оценка глубины изображения и 3D-реконструкция; 6) анализ топологии и лингвистическая интерпретация сцен.

2 Программно-алгоритмическое обеспечение для автоматического формирования обучающих выборок

Наличие качественного обучающего множества во многом определяет работу алгоритмов машинного обучения. Следует отметить, что при составлении обучающей выборки следует уделять внимание не только объему данных, но и таким моментам, как сбалансированность классов и порядок их следования. Данные должны содержать сопоставимый объем экземпляров для каждого класса и должны быть перемешаны. Целесообразно включение в обучающую выборку данных, которые описывают близкие условия к условиям дальнейшего использования ИНС.

В настоящем исследовании предлагается технология синтеза обучающих множеств, базирующаяся на применении средств трехмерной графики (библиотека OpenGL) и разработанного на их основе программно-алгоритмического комплекса (рис. 1).

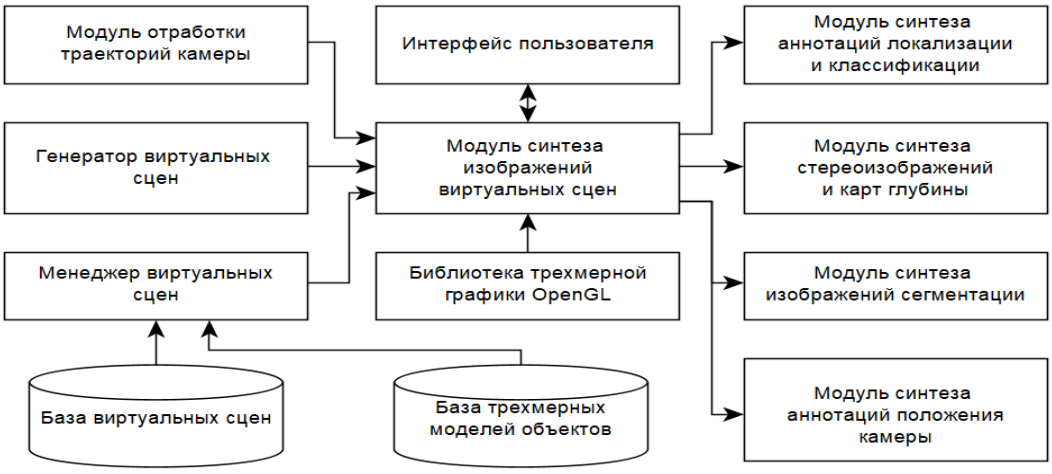


Рис. 1. Структура программного комплекса для генерации обучающих множеств

В основе программного комплекса для синтеза обучающих множеств (КСОМ) лежит модуль синтеза изображений виртуальных сцен. Виртуальная сцена представляет из себя совокупность трехмерных объектов различных категорий, снабженных описанием положения в пространстве, ориентации и цветовых характеристик.

В соответствии с вышеперечисленными задачами визуального анализа изображений КСОМ позволяет генерировать обучающие выборки для решения задач визуальной классификации, локализации, сегментации, оценки глубины изображений. Кроме того, виртуальная среда

предоставляет доступ к точному положению камеры в последовательные моменты времени, что дает возможность синтеза обучающих выборок и для решения задачи визуальной одометрии.

Формирование виртуальных сцен на этапе, предшествующем отрисовке, может выполняться двумя способами.

Для задач грубой настройки нейросетевых классификаторов, когда взаимное положение различных объектов непринципиально и, напротив, требуется как можно большее разнообразие перемещений объектов по сцене, применяется подход, суть которого в следующем. Задается или случайным образом выбирается число N объектов, одновременно наблюдаемых в сцене. Формируется вектор случайных положений для данных объектов $P=\{p_1,...,p_N\}$. Производится устранение ситуаций взаимопроникновения объектов на основе метода потенциальных полей:

$$p_i' = p_i + \min(d_{\max}, \sum_{j=1, j\neq i}^{N} \eta / (p_j - p_i)^2),$$

где $p_i'=\{x', y', z'\}$ – обновленное положение объекта; $d_{\max}$ – максимальное смещение объектов; η - коэффициент силы отталкивания.

Для задач более точной настройки нейросетевых классификаторов на решение конкретных прикладных задач применяется подход, основанный на загрузке заблаговременно подготовленных виртуальных сцен. Разнообразие обучающих примеров при этом достигается уже не вариацией положения предметов в сцене, а движением камеры по указанной траектории.

На первом этапе решения конкретной прикладной задачи или группы прикладных задач используется программное обеспечение, позволяющее формировать описания сцен произвольного размера и плотности расположения объектов. Обеспечивается совместимость форматов хранения описаний сцен с программно-алгоритмическим комплексом синтеза обучающих множеств.

На втором этапе автоматически сформированные сцены загружаются в КСОМ: производится интерпретация текстовых описаний сцен и формирование соответствующих программных представлений для объектов, перечисленных в файле сцены.

Аннотации, содержащие желаемые результаты анализа типа и положения объектов, сохраняются совместно с изображениями в каталог на диске для дальнейшей настройки нейронных сетей.

3 Экспериментальная оценка применимости технологии

Важнейшим вопросом в оценке применимости развиваемой технологии является проверка способности нейронных сетей, обученных на виртуальных примерах, осуществлять визуальный анализ изображений, полученных в реальной среде функционирования автономных роботов.

При поиске ответа на данный вопрос в качестве примера была рассмотрена задача поиска человека в лесу. По результатам обучения нейронной сети YOLO v2 [1] на грубо проработанных виртуальных сценах с лесными массивами настроить нейросетевой классификатор на распознавание человека в реальных условиях леса (рис. 2).

В робототехнических приложениях, когда наряду с визуальной информацией доступны навигационные данные, результаты классификации могут быть нанесены на семантическую карту [2-4] или же переданы напрямую оператору, контролирующему процесс картографирования.

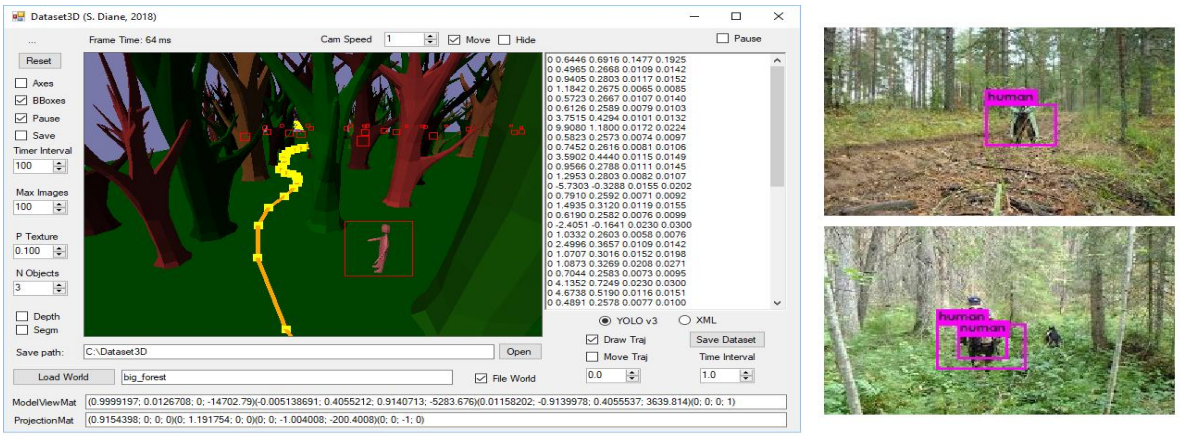


Рис. 2. Результаты моделирования виртуальных сцен (слева) и распознавания схожих объектов в реальной среде (справа)

Заключение

Полученные результаты подтверждают перспективность развиваемого подхода. Интеграция технологий трехмерной графики и экспертных знаний о предметной области позволяет осуществить эффективную и вычислительно быструю генерацию обучающих множеств для решения задач визуального анализа в необходимом объеме.

Следует, однако понимать, что обучение на виртуальных множествах не дает стопроцентной точности в настройке ИНС под конкретную задачу. Тем не менее, дальнейшее повышение качества функционирования нейросетевых анализаторов изображений возможно путем дообучения сети на небольшом множестве реальных изображений из выбранной предметной области.

Работа выполнена при поддержке программы президиума РАН №30 "Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации".

Литература

1. *J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi,* "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", in CVPR 2016

2. *S. Diane, E. Lesiv, I. Pesheva, A. Neschetnaya*, Multi-Aspect Environment Mapping with a Group of Mobile Robots. 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), pp. 474-478

3. *C. Galindo, A. Saffiotti, S. Coradeschi, P. Buschka,* Multi-hierarchical semantic maps for mobile robotics, in 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems

4. *Legovich Yu.S., Diane S.A.K., Rusakov K.D.* Integration of modern technologies for solving territory patroling problems with the use of heterogeneous autonomous robotic systems / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE, 2018.

АВТОМАТНЫЕ И РЕКУРРЕНТНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ

Епифанов А.С.

Институт проблем точной механики и управления РАН,
Россия, г. Саратов, ул. Рабочая д.24
EpifanovAS@list.ru

Аннотация: В работе рассматриваются математические модели дискретных систем, представленные в форме автоматных моделей. В качестве способа задания автоматных моделей используется аппарат геометрических образов автоматных отображений, предложенный и разработанный В.А.Твердохлебовым и позволяющий задавать законы функционирования автоматов геометрическими кривыми и числовыми последовательностями.

Ключевые слова: дискретная система, математическая модель, автоматная модель системы, рекуррентная форма.

Введение

В классе дискретных детерминированных динамических систем конечные детерминированные автоматы образуют простейший, но достаточно исследованный подкласс. Развитые методы анализа, синтеза, распознавания и т.п. конечных детерминированных автоматов эффективно применяются в решении прикладных задач для реальных систем, автоматные модели которых явно задаются таблицами, матрицами, графами, логическими уравнениями и др. В связи с развитием областей приложения теории автоматов оказалось, что для реальных систем большой размерности задание автоматных моделей таблицами, матрицами, графами, логическими уравнениями практически не эффективно. Одним из путей расширения области приложения теории автоматов явились исследования профессора В.А.Твердохлебова, в которых, начиная с 1993г., рассматривается представление законов функционирования автоматов, заданных дискретными символьными функциями переходов и выходов, непрерывными числовыми структурами (см., например, [1,3,4]). Для этого автоматное отображение полагается множеством точек с числовыми координатами и законы функционирования представляются ломаными линиями, вершины которых расположены на аналитически заданных кривых. Этот подход к заданию автоматов, а также некоторые методы анализа, синтеза и распознавания автоматов по их геометрическим образам используются и развиваются в дальнейшем.

В данной работе рассматриваются задачи из общей проблемы распознавания конечных детерминированных автоматов по свойствам и признакам их функционирования, включая оценку сложности законов функционирования автоматов. Для представления законов функционирования автоматных моделей систем используется аппарат геометрических образов (позволяющий задавать автоматы геометрическими кривыми и числовыми последовательностями), а в качестве математического аппарата, позволяющего осуществлять построение формальных характеристик сложности автоматных моделей используется спектр динамических характеристик рекуррентного определения последовательностей (предложен и разработан В.А.Твердохлебовым, см.[2]).

1 Краткое описание аппарата геометрических образов автоматов

Преобразование символьной формы автоматной модели в числовую структуру (геометрический образ законов функционирования автомата) включает линейное упорядочивание автоматного отображения $\rho_s = \bigcup_{p \in X^*} \{(p, \lambda(s, p))\}$, для инициального автомата $A_s=(S, X, Y, \delta, \lambda, s)$, где S, X и Y – соответственно множества состояний, входных и выходных сигналов, а $\delta: S \times X \to S$ – функция переходов, $\lambda: S \times X \to Y$ – функция выходов. Автоматное отображение ρ_s взаимнооднозначно преобразуется в автоматное отображение вида $\rho'_s = \bigcup_{p \in X^*} \{(p, \lambda'(s, p))\}$, где $\lambda'(s, p)$ – последний знак последовательности $\lambda(s, p)$. Из геометрического образа γ_s автомата A_s выделяется последовательность вторых координат точек геометрического образа, которая взаимнооднозначно соответствует полному геометрическому образу (при фиксированных порядке на множестве X^* и величине $m=|X|$). В результате законы функционирования автомата (то есть, фазовая картина) и конкретные процессы функционирования автомата (то есть, фазовые траектории) оказываются взаимнооднозначно определёнными последовательностью вторых координат точек геометрического образа. Это позволяет рассматривать произвольную последовательность элементов из конечного множества как последовательность вторых координат точек геометрического образа и, следовательно, как задание законов функционирования автомата, и, таким образом, проводить анализ законов функционирования автоматных моделей систем на основе анализа числовых последовательностей с интерпретацией их как последовательностей вторых координат точек геометрических образов автоматов. Для этого множеством состояний автомата полагается подмножество множества $\{s_p\}_{p \in X^*}$ и функция δ определяется равенством: $\delta(s_p, x) = s_{px}$ для любых $p \in X^*$ и $x \in X$. Каждая имеющаяся в геометрическом образе автомата точка (px, y), где $p \in X^*, x \in X$ и $y \in Y$, определяет равенство $\lambda(s_p, x) = y$. Переход от символьных координат точек геометрического образа к числовым координатам позволяет размещать геометрические образы законов функционирования автомата на числовых кривых.

2 Спектр динамических характеристик рекуррентного определения последовательностей

Пусть $U = \{u_1, u_2, ..., u_k\}$ - конечное множество и ξ последовательность элементов из множества U: $\xi = \langle u(1), u(2), ..., u(t), ... \rangle$. Спектр $\Omega(\xi)$ динамических характеристик последовательности $\xi \in U^* \cup U^\infty$ имеет иерархическую структуру, состоящую из уровней $\Omega(\xi) = (\Omega_1(\xi), \Omega_2(\xi), \Omega_3(\xi), \Omega_4(\xi))$.

Определение 1. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^v$ наименьший порядок рекуррентной формы, определяющей последовательность $\bar{\xi}$, будем обозначать $m_0(\bar{\xi})$.

Определение 2. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^v$ и $m \in N^+$, где $1 \le m \le m_0(\bar{\xi})$, наибольшую длину начального отрезка последовательности $\bar{\xi}$, определяемого рекуррентной формой порядка m, будем обозначать $d^m(\bar{\xi})$.

Определение 3. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^v$ и $m \in N^+$, где $1 \le m \le |\bar{\xi}| - 1$, число смен рекуррентных форм порядка m, требующихся при определении последовательности $\bar{\xi}$, будем обозначать $r^m(\bar{\xi})$.

Определение 4. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^{\nu}$ и $m \in N^{+}$, где $1 \le m \le m_0(\bar{\xi})$ и j, где $1 \le j \le r^m(\bar{\xi})$ длину j-го отрезка в определении последовательности $\bar{\xi}$ будем обозначать $d_j^m(\bar{\xi})$.

Используя введенные обозначения определим спектр параметров, характеризующих последовательность, как следующую структуру: $\Omega_0(\bar{\xi}) = \langle m_0(\bar{\xi}) \rangle$; $\Omega_1(\bar{\xi}) = \langle d^1(\bar{\xi}), d^2(\bar{\xi}), ..., d^{\alpha}(\bar{\xi}) \rangle$ $\Omega_2(\bar{\xi}) = \langle r^1(\bar{\xi}), r^2(\bar{\xi}), ..., r^{\alpha}(\bar{\xi}) \rangle$; $\Omega_3(\bar{\xi}) = \langle \Omega_3^1(\bar{\xi}), \Omega_3^2(\bar{\xi}), ..., \Omega_3^{\alpha}(\bar{\xi}) \rangle$, где $\alpha = m_0(\bar{\xi})$ и $\Omega_3^j(\bar{\xi}) = \langle d_1^j(\bar{\xi}), d_2^j(\bar{\xi}), ..., d_{n_j}^j(\bar{\xi}) \rangle$ (n_j – номер последнего отрезка в определении последовательности $\bar{\xi}$ как последовательности отрезков, определяемых отдельными рекуррентными формами порядка j); - $\Omega_4(\bar{\xi}) = \Theta(\Omega_3(\bar{\xi}))$, где Θ - оператор замены в $\Omega_3(\bar{\xi})$ величин длин отрезков весами использованных рекуррентных форм для определения отрезков.

3 Оценки сложности автоматных моделей систем

Среди различных подходов к оценке сложности процессов, алгоритмов, законов функционирования автоматов и реализаций этих законов для исследования выбран подход, при котором используется геометрическое представление поведения автоматов. Рекуррентное описание последовательностей дает полную и глубокую характеристику взаиморасположения элементов в последовательности: определяет функциональную зависимость элемента последовательности от непосредственно предшествующей ему подпоследовательности элементов. Числовым показателем при рекуррентном определении последовательности является длина однозначно сопоставляемой элементу предшествующей подпоследовательности. На основе этих свойств определения последовательности рекуррентными формами Твердохлебовым В.А. [2] предложены 5 уровней спектра (см.раздел 2). Проведено исследование, в котором спектр используется как средство для оценки сложности автоматных моделей систем, заданных в форме числовых последовательностей. Для иллюстрации описанного подхода к оценке сложности автоматных моделей систем в качестве последовательностей, определяющих законы функционирования автоматов, рассмотрены и исследованы последовательности длины до 10 млн. знаков, включая последовательности, задающие приближения известных математических констант π, e, $\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$ (т.н. золотое сечение), $\sqrt{2}$, $\sqrt[3]{2}$, ln(2), ln(10), $\zeta(3) = \sum_{x=1}^{\infty} \frac{1}{x^3}$, константа Каталана $C = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1^n)}{(2n+1)^2}$, константа Эйлера $\gamma = \lim_{n\to\infty}(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + ... + \frac{1}{n} - \ln(n)))$ и др. Введем следующие обозначения: H={e, π, φ, $\sqrt{2}$, $\sqrt[3]{2}$, $ln(2)$, $ln(10)$, $\zeta(3)$, C, γ}, H_d – множество начальных отрезков длины d последовательностей, определяющих элементы множества H, а $\alpha_d^m(H_d) = \{ A_d^m(e), A_d^m(\pi), A_d^m(\varphi), A_d^m(\sqrt{2}), A_d^m(\sqrt[3]{2}), A_d^m(ln(2)), A_d^m(ln(10)), A_d^m(\zeta(3)), A_d^m(C), A_d^m(\gamma) \}$, где $A_d^m(\beta)$, $\beta \in H_d$, - дискретный детерминированный автомат с числом входных сигналов m и β является последовательностью вторых координат точек геометрического образа автомата. Для проведения исследований были разработаны алгоритмы и программы, позволившие построить указанные спектры для рассмотренных последовательностей. Результаты систематизированы в виде лемм и в явном виде (ввиду ограничений на объем статьи) приведены для случаев d=500000 и d=1000000 в виде лемм 1 и 2.

Лемма 1. Законы функционирования автоматов из $\alpha^m(H_d)$, где d=500000, по сложности:

- определяемой нулевым уровнем $\Omega 0$ спектра Ω образуют 2 класса эквивалентности по сложности: $\{A_d^m(\pi), A_d^m(\sqrt{2}), A_d^m(\ln(2))\}$ и $\{A_d^m(e), A_d^m(\varphi), A_d^m(\sqrt[3]{2}), A_d^m(\ln(10)), A_d^m(\zeta(3)), A_d^m(C), A_d^m(\gamma)\}$;
- определяемой первым уровнем Ω_1 спектра Ω образуют одноэлементные классы эквивалентности по сложности. (Док-во см.[5]).

Лемма 2. Законы функционирования автоматов из $\alpha^z(H_d)$, где d=1000000:

- по сложности, определяемой нулевым уровнем Ω_0 спектра Ω образуют 2 класса эквивалентности по сложности: $\{A_d^z(e), A_d^z(\pi), A_d^z(\varphi), A_d^z(\sqrt[3]{2}), A_d^z(\zeta(3))\}$ и $\{A_d^z(\sqrt{2}), A_d^z(\ln(2)), A_d^z(\ln(10)), A_d^z(C), A_d^z(\gamma)\}$;
- по сложности, определяемой первым уровнем Ω_1 спектра Ω образуют одноэлементные классы эквивалентности по сложности. (Док-во см.[5]).

Заключение

Изложенные результаты показывают возможность практического использования аппарата геометрических образов автоматов и спектра динамических характеристик рекуррентного определения последовательностей для определения свойств законов функционирования дискретных детерминированных динамических систем на основе исследования свойств числовых последовательностей, взаимно-однозначно определяющих законы функционирования. Построены конкретные примеры оценок, определены эквивалентные по показателям спектра последовательности, т.е. эквивалентные по сложности законы функционирования автоматов.

Литература

1. *Твердохлебов В.А.* Геометрические образы конечных детерминированных автоматов // Известия саратовского университета (Новая серия). Том 5. Вып.1. 2005. С.141-153.
2. *Твердохлебов В.А.* Оценка сложности управления движением по известному маршруту. // Ж-л «Проблемы управления». М. №5 2009. С.69-73.
3. *Твердохлебов В.А.* Геометрические образы законов функционирования автоматов.– Саратов: Изд-во «Научная книга», 2008. – 183с.
4. *Твердохлебов В.А., Епифанов А.С.* Представление автоматных отображений геометрическими структурами. – Саратов: Изд-во «Наука», 2013. – 204с.
5. *Епифанов А.С.* Модели и методы анализа и доопределения законов функционирования дискретных динамических систем. – Саратов: Изд-во «Наука», 2014. – 268с.

НЕЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛЯТОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕАФФИННЫМ МНОГОСВЯЗНЫМ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ ПО УПРАВЛЕНИЮ И СОСТОЯНИЮ[46]

Еремин Е.Л., Чепак Л.В.

Амурский государственный университет,
Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21
ereminel@mail.ru, chepak@inbox.ru,

Шеленок Е.А.

Тихоокеанский государственный университет,
Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136
cidshell@mail.ru

Аннотация: Рассматривается решение задачи синтеза комбинированного нелинейного регулятора для системы управления одним классом многосвязных неаффинных объектов, содержащих известные постоянные запаздывания по управлению и состоянию и функционирующих в условиях априорной неопределенности при постоянном действии внешних помех. В качестве методов решения используются: критерий гиперустойчивости В.М. Попова, условия L-диссипативности, эталонная модель с двумя выходами.

Ключевые слова: нелинейное управление, неаффинная многосвязная система, наблюдатель, априорная неопределенность, критерий гиперустойчивости, L-диссипативность.

Рассматривается многосвязный динамический объект, движение локальных подсистем которого описывается следующими уравнениями:

[46] *Работе выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-08-0087) и при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект МК-5150.2018.8)*

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = \left(A_i + B_{0i}a_i^T(y_i(t))\right)x_i(t) + B_{0i}d_i^T x_i(t-\tau_i) +$$

$$(1)\quad +B_i(y_i(t))\left(u_i(t-h_i)\,f_{1_i}(x_i(t),u_i(t-h_i)) + f_{2_i}(x_i(t),u_i(t-h_i)) + \sum_{j=1}^{k}\theta_{ij}(x_i)\right) + \varphi_i(t),$$

$$x_i(0) = x_{0_i},\ u_i(\vartheta_i) = \upsilon_i(\vartheta_i),\ \vartheta_i \in [-h_i,\ 0],\ y_i(t) = x_{1_i}(t),$$

где $x_i(t) \in R^n$ – переменные состояния локальных подсистем; $u_i(t) \in R$ – локальные сигналы управления; $y_i(t) \in R$ – выходы локальных подсистем; τ_i, $h_i = const > 0$ – известные постоянные запаздывания по состоянию и управлению соответственно; A_i – нильпотентые (верхне-сдвиговые) матрицы размера $(n_i \times n_i)$; $B_{0i} = [0,\ ...,\ 0,\ b_{0i}]^T$, $d_i^T = [d_{1_i},\ d_{2_i},\ ...,\ d_{n_i}]$ – векторы соответствующей размерности; $B_i(y_i(t)) = \left[0,\ ...,\ 0,\ b_{n_i}(y_i(t))\right]^T$, $a_i(y_i(t)) = \left[a_{1_i}(y_i(t)),\ a_{2_i}(y_i(t)),\ ...,\ a_{n_i}(y_i(t))\right]^T$ – нелинейные векторные функции, элементы которых удовлетворяют ограничениям:

$$(2)\quad \left|a_{1_i}(y_i(t))\right| \le a_{1_i}^+,\ ...,\ \left|a_{n_i}(y_i(t))\right| \le a_{n_i}^+,\ b_{n_i}^- \le b_{n_i}^-(y_i(t)) \le b_{n_i}^+,$$

где $a_{j_1}^+,\ b_{n_i}^-,\ b_{n_i}^+ > 0$ – известные величины, $i = \overline{1,k}$, $j = \overline{1,n}$; $b_{0i} = 1$, $i = 1,\ ...,\ k$; $\varphi_i(t) = [0,\ ...,\ 0,\ \varphi_{n_i}(t)]^T$ – векторы внешних возмущений с элементами, удовлетворяющими неравенствам

$$(3)\quad \left|\varphi_{n_i}(t)\right| \le \varepsilon_{1_i},\ \forall t \ge 0,$$

где $\varepsilon_{1_i} = const > 0$ – известные константы; $f_{1_i}(x_i(t),u_i(t-h_i))$, $f_{2_i}(x_i(t),u_i(t-h_i))$ – неизвестные гладкие нелинейные функции, такие что:

$$(4)\quad \varepsilon_{2_i} < f_{1_i}(x_i(t),u_i(t-h_i)) \le \varepsilon_{3_i},\ \left|f_{2_i}(x_i(t),u_i(t-h_i))\right| \le \varepsilon_{4_i},$$

где $\varepsilon_{2_i},\ \varepsilon_{3_i},\ \varepsilon_{4_i} = const > 0$; x_{0_i} – вектор начальных условий; $\upsilon_i(\vartheta_i)$ – ограниченные непрерывные начальные функции; $\theta_{ij}(x_i)$ – зависимости, описывающие перекрестные связи локальных подсистем; k – количество локальных подсистем.

Динамика перекрестных связей системы (1) – (4) имеет вид

$$(5)\quad \frac{dx_{ij}(t)}{dt} = P_{ij}x_{ij}(t) + W_{ij}y_j(t),\ \theta_{ij}(x_i) = L_{ij}^T x_{ij}(t),$$

где $x_{ij}(t) \in R^{n_{ij}}$; $W_{ij} = [0,\ \ldots,\ 0,\ 1]^T$, $L_{ij}^T = [1,\ 0,\ ...,\ 0]^T$; P_{ij} – известная числовая матрица, такая что уравнения (5) соответствуют описанию устойчивого динамического звена.

Требуемое движение каждой подсистемы (1) формируется с помощью локальных эталонных моделей, имеющих два выхода; при этом основной выход эталона формирует желаемую динамику выходов подсистем, вспомогательный выход – динамику каждого из локальных основных контуров управления:

$$(6)\quad \frac{dx_{m_i}(t)}{dt} = A_{m_i}x_{m_i}(t) + B_{m_i}r_i(t),\ y_{m_i}(t) = x_{m1_i}(t),\ z_{m_i}(t) = g_i^T x_{m_i}(t),$$

где $x_{m_i}(t) \in R^{n_i}$; $r_i\ (t) \in R$; $y_{m_i}(t) \in R$ – основные выходы эталонов; $z_{m_i}(t) \in R$ – вспомогательные выходы эталонов; $A_{m_i} = \left(A_i - B_{0i}a_{m_i}^T\right)$ – гурвицевы матрицы; $a_{m_i}^T = [a_{m1_i},\ ...,\ a_{mn_i}]^T$, $B_{m_i} = [0,\ ...,\ 0,\ b_{m_i}]^T$, $b_{m_i} > 0$, g_i – заданный вектор.

Для снижения влияния присутствующего в системе (1) – (4) запаздывания по управлению в многосвязный объект управления (1) вводятся локальные упредители-компенсаторы, которые подключаются параллельно к каждой локальной подсистеме [1, 2]. По аналогии с эталонными моделями (6) упредители-компенсаторы будут иметь два выхода:

$$(7)\quad \frac{dx_{k_i}(t)}{dt} = A_{m_i}x_{k_i}(t) + B_{m_i}\left(u_i(t) - u_i(t-h_i)\right),\ y_{k_i}(t) = x_{k1_i}(t),\ z_{k_i}(t) = g_i^T x_{k_i}(t),$$

где $x_{k_i}(t) \in R^{n_i}$; $y_{k_i}(t)$ и $z_{k_i}(t)$ – основной и вспомогательный выходы упредителя-компенсатора соответственно.

Постановка задачи: для многосвязной неафинной по управлению системы (1) – (7) в каждой ее локальной подсистеме требуется синтезировать явный вид нелинейных законов управления

(8) $u_i(t) = u_i\left(x_i(t),\, x_{m_i}(t),\, x_{k_i}(t),\, u_i(t-h_i),\, r_i(t)\right)$

таким образом, чтобы при любых начальных условиях, а также любом заданном уровне априорной неопределенности (2) – (4) было обеспечено выполнение следующих целевых условий:

(9) $\lim\limits_{t\to\infty}\left|y_{m_i}(t) - y_i(t)\right| \le \sigma_{0i} = const > 0,\ i = \overline{1,k}.$

где σ_{0i} – малые величины.

Пользуясь методикой критерия гиперустойчивости, а также рассуждениями из [2 – 7] можно показать, что синтез алгоритмов для эквивалентной системы с математическим описанием

(10) $$\frac{de_i(t)}{dt} = A_{m_i} e_i(t) + B_{m_i}\mu_i(t),\ \ v_i(t) = z_{m_i}(t) - g_i^T x_i(t) - z_{k_i}(t),$$

(11) $$\mu_i(t) = -\Big[u_i(t) - r_i(t) + b_{m_i}^{-1}\Big(\left(a_{m_i} + a_i(y_i(t))\right)^T x_i(t) + d_i^T x(t-\tau_i) + b_{n_i}(y_i(t))\Big(\left(f_{1_i}(x_i(t), u_i(t-h_i)) - 1\right)u_i(t-h_i) + f_{2_i}(x_i(t), u_i(t-h_i))\Big) + \varphi_i(t)\Big)\Big],$$

где $e_i(t) = x_{m_i}(t) - (x_i(t) - x_{k_i}(t))$, $\mu_i(t)$ – модифицированные сигналы управления; $v_i(t)$ – ошибки рассогласования относительно вспомогательных выходов локальных подсистем; i = 1, ..., k; в виде

(12) $$u_i(t) = r_i(t) + \sum_{j=1}^{n} h_{j_i} x_{j_i}(t)\int_0^t x_{j_i}(\vartheta)\left(z_{m_i}(\vartheta) - g_i^T x_{Ni}(\vartheta) - z_{k_i}(\vartheta)\right)d\vartheta + \sum_{j=1}^{k} h_{1j_i} x_{Nj_i}^2(t) v_i(t) + \tilde{h}_{2_i} u_i(t-h_i)\int_0^t u_i(\vartheta - h_i)\left(z_{m_i}(\vartheta) - g_i^T x_{Ni}(\vartheta) - z_{k_i}(\vartheta)\right)d\vartheta + \tilde{h}_{3_i}\int_0^t\left(z_{m_i}(\vartheta) - g_i^T x_{Ni}(\vartheta) - z_{k_i}(\vartheta)\right)d\vartheta + \tilde{h}_{4_i}\left(z_{m_i}(t) - g_i^T x_{Ni}(t) - z_{k_i}(t)\right).$$

где $h_{j_i},\ h_{1j_1} = const > 0$, $\tilde{h}_{2_i} = 2\hat{h}_{1_i}^2\hat{h}_{2_i}$, $\hat{h}_{1_i} = \max\left|b_{m_i}^{-1} b_{n_i}^{+} f_{1_i}(x_i(t),\, u_i(t-h_i)) - 1\right|,\ \forall t > 0,$ $\tilde{h}_{3_i} = 2\hat{h}_{3_i}(b_{n_i}^{+})^2(\varepsilon_{1_i} + \varepsilon_{4_i})^2$; $\hat{h}_{2_i},\ \hat{h}_{3_i},\ \tilde{h}_{4_i} = const > 0,\ i = \overline{1,k},\ j = \overline{1,n}$; обеспечит гиперустойчивость исходной системы (1) – (7), (12) для которой будут выполнены предельные целевые условия (9).

Для технической реализуемости синтезированного закона (12) необходимо иметь доступ к неизмеримым переменным состояния подсистем (1). С этой целью в каждую локальную подсистему объекта вводятся локальные контуры наблюдения, позволяющие (при соответствующем расчете их параметров [8, 9]) получить оценки недоступных непосредственному измерению переменных состояния:

(13) $$\frac{dx_{N_i}(t)}{dt} = A_{m_i} x_{N_i}(t) + L_i\left(y_i(t) - C_i^T x_{N_i}(t)\right) + B_{m_i} u(t-h_i),$$
$$y_{N_i}(t) = C_i^T x_{N_i}(t),\ v_{N_i}(t) = \bar{g}_i^T x_{N_i}(t),\ i = \overline{i,k},$$

где $x_{N_i}(t) \in R^{n_i}$; $y_{N_i}(t) \in R$; $v_{N_i}(t) \in R$.

Тогда математическое описание технически реализуемого закона управления (12) запишется в виде

$$
\begin{aligned}
&u_i(t) = r_i(t) + \sum_{j=1}^{n} h_{j_i} sat(x_{Nj_i}(t)) \int_0^t sat(x_{Nj_i}(\vartheta)) \left(z_{m_i}(\vartheta) - g_i^T sat(x_{Ni}(\vartheta)) - z_{k_i}(\vartheta) \right) d\vartheta + \\
&+ \sum_{j=1}^{n} h_{j_i} sat(x_{Nj_i}(t-\tau_i)) \int_0^t sat(x_{Nj_i}(\vartheta-\tau_i)) \left(z_{m_i}(\vartheta) - g_i^T sat(x_{Ni}(\vartheta)) - z_{k_i}(\vartheta) \right) d\vartheta + \sum_{j=1}^{k} h_{1_{j_i}} x_{Nj_i}^2(t) v_i(t) + \\
&+ \tilde{h}_{2_i} u_i(t-h_i) \int_0^t u_i(\vartheta-h_i) \left(z_{m_i}(\vartheta) - g_i^T sat(x_{Ni}(\vartheta)) - z_{k_i}(\vartheta) \right) d\vartheta + \\
&+ \tilde{h}_{3_i} \int_0^t \left(z_{m_i}(\vartheta) - g_i^T sat(x_{Ni}(\vartheta)) - z_{k_i}(\vartheta) \right) d\vartheta + \\
&+ \tilde{h}_{4_i} \left(z_{m_i}(t) - g_i^T sat(x_{Ni}(t)) - z_{k_i}(t) \right).
\end{aligned}
\tag{14}
$$

Литература

1. *Еремин Е.Л., Ильина Л.В.* Адаптивные системы с динамическим упредитель-компенсатором для объектов с запаздыванием по управлению // Информатика и системы управления. – 2002. № 1(3). – С. 97-102.
2. *Еремин Е.Л.* Гиперустойчивость системы управления нелинейным объектом с запаздыванием // Автоматизация технологических процессов. – Фрунзе: Фрунзенск. политех. ин-т, 1987.
3. *Еремин Е.Л., Чепак Л.В.* Комбинированный регулятор для неаффинной многосвязной системы с запаздыванием по управлению // Информатика и системы управления. – 2019. – № 1(59). – С. 118-130.
4. *Еремин Е.Л., Шеленок Е.А.* Робастное управление для одного класса многосвязных динамических объектов // Автоматика и телемеханика. – 2017. – № 6. – С. 106-121.
5. *Eremin E.L., Chepak L.V., Shelenok E.A.* Robust control of multi-connected nonlinear system // Proc. 2015 Int. Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). – Omsk, 2015.
6. *Еремин Е.Л.* Робастное управление для одного класса неаффинных нелинейных SISO систем // Информатика и системы управления. – 2015. – № 3 (45). – С. 89-100.
7. *Еремин Е.Л., Шеленок Е.А.* Адаптивно-периодическая следящая система для нелинейного объекта, аффинного по управлению // Автометрия. – 2015. – Т. 51, № 5. – С. 113- 119.
8. *Еремин Е.Л., Кван Н.В., Семичевская Н.П.* Робастное управление нелинейными объектами с наблюдателем полного порядка и быстродействующей эталонной моделью // Мехатроника, автоматизация и управление. – 2010. – № 5. – С. 2-6.
9. *Еремин Е.Л., Чепак Л.В.* Адаптивная система с явно-неявным эталоном и стационарным наблюдателем для объекта с запаздыванием по управлению // Вестник ТОГУ. – 2011. – № 2(21). – С. 13-22.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ЗверьковВ.П., Кузищин В.Ф., СабанинВ.Р.

Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Россия г. Москва, ул. Красноказарменная д.17
Zverkovvp@mpei.ru, Kuzishchinvf@mpei.ru, Sabaninvr@mpei.ru

Аннотация: Рассматривается задача создания численной имитационной модели двухконтурной автоматической системы регулирования давления пара в главном паровом коллекторе энергоблока с ВВЭР - 440 с учетом нелинейности характеристик объекта и реальных свойств технических средств регулирования. Приведена процедура динамической настройки системы с использованием разработанного эволюционного алгоритма многопараметрической оптимизации и предложенного критерия оптимальности, учитывающего специфические требования, предъявляемые к системе.

Ключевые слова: имитационная модель, система регулирования, многопараметрическая оптимизация, динамическая настройка, критерий оптимальности.

Одним из прогрессивных методов решения проблем оптимизации структуры и параметров крупномасштабных систем является имитационное моделирование как объектов управления, так и действий автоматических систем регулирования (АСР). Однако, при использовании этого необходимо иметь в распоряжении достаточно точные примитивы линейных и нелинейных математических моделей управляемого объекта и средств автоматизации (регуляторов, средств защит, измерительных преобразователей, исполнительных механизмов и т.д.).

Имитационное моделирование – это способ представления сложных объектов и систем управления ими, основанный на воспроизведении функций элементов системы и связей между и

отображающий развитие во времени переменных системы в целом и составляющих ее элементов при действии входных сигналов.

В настоящее время для управления крупномасштабными системами разрабатываются сложные гибридные алгоритмы с одновременным воздействием на несколько регулирующих органов, системы с переключаемой структурой, адаптивные и нейросетевые алгоритмы, анализ и настройка которых возможна только методами имитационного моделирования.

Степень достоверности математического представления динамических характеристик элементов оборудования и регуляторов является компромиссом между несколькими, как правило, противоречивыми требованиями, составляющими суть системного подхода к созданию оптимальной систем управления. Проверка работоспособности системы управления должна осуществляться при различных ситуациях.

Концепция создания математических моделей рассматривается на примере изменения давления пара перед турбиной энергоблока АЭС с ВВЭР-440. В состав рассматриваемого объекта управления входят парогенераторы и паропроводы с установленной на них регулирующей и запорной арматурой [1]. Участок регулирования от управляющего воздействия на турбину до места измерения давления в информационном плане представляет собой некоторую емкость, в которой в стационарном режиме давление одинаковое во всех точках объема. Однако в процессе транспорта пара от ГРП до турбины в точках паропровода возникают градиенты давления пара. При этом появляются емкостное и транспортное запаздывания, которые следует учитывать при настройке АСР.

Подробное исследование процесса транспорта пара требует использования системы дифференциальных уравнений в частных производных для балансов энергии, массы и импульса давления пара и привлечения волновой теории для их решения [2]. Эта задача трудоемкая и требует значительных затрат времени. Поэтому в работе для поставленной задачи разработана имитационная модель минимальной сложности с возможностью оперативной ее уточнения по данным испытаний в процессе пуско-наладочных работ. К ним, например, относятся: выход из строя одного и более главных циркуляционных насосов или турбины, переход АЭС в режим собственных нужд, отключение подогревателя высокого давления, повреждения системы управления и т.д.

При решении вопроса выбора вида математического описания, необходимо учитывать влияние режима работы энергоблока на его динамические и статические характеристики. Как правило, здесь проявляются нелинейные свойства моделируемого объекта, что характеризуется чувствительностью разных параметров модели к изменению технологических величин. Диапазон изменения технологических величин при вышеуказанных аномальных режимах является, как правило, базой для принятия решения о возможности использования линейной, квазилинейной или нелинейной системы уравнений. Необходимо принимать во внимание также нелинейность характеристик клапанов и реальные свойства технических средств регулирования

Аппроксимация аналитических закономерностей упрощенными математическими моделями приводит, как правило, к неприемлемым ошибкам в результатах синтеза системы управления. При использовании современных вычислительных средств нет необходимости в упрощении полученных нелинейных математических моделей. Объем и форма представления математической модели определяет время счета модели, которое может быть сокращено с помощью использования эффективных алгоритмов расчета.

Предполагается, что полученные при пуско-наладочных испытаниях графики переходных процессов будут использованы для уточнения имитационной модели АСР с установленными параметрами регуляторов. При этом программой алгоритма численной многопараметрической оптимизации будут уточнены параметры модели объекта регулирования, для которой переходные процессы будут совпадать с процессами, полученными при испытаниях. Затем, для новых значений параметров объекта регулирования будут найдены новые значения параметров регулятора, которые будет удовлетворять поставленным требованиям качества работы АСР.

Численная имитационная модель двухконтурной автоматической системы регулирования давления пара в главном паровом коллекторе с ПИ-регулятором основного параметра и динамической обратной связью по давлению в регулирующей ступени турбины с применением дифференциатора разработана в виде рекуррентных соотношений, полученных на основе уравнений математической физики. Для программной среды MATHCAD в НИУ МЭИ разработан блочно-модульный комплекс модельно-ориентированного проектирования. В комплекс входят два набора программных модулей имитационных моделей линейных динамических элементов (звеньев) и нелинейных аналоговых и дискретных элементов [3].

Имитационная модель АСР давления пара в ГПК содержит линейную модель объекта регулирования с зависящими от нагрузки параметрами и нелинейную модель регулирующего устройства, состоящую из функционального регулирующего блока, широтно-импульсного модулятора и сервопривода постоянной скорости (исполнительного механизма).

В настоящее время существуют аналитические методы динамической настройки линейных каскадных АСР с дифференциатором в частотной области. В основном они базируются на итерационной процедуре настройки внешних и внутренних контуров. В качестве условия оптимальности обычно используется линейный интегральный критерий с ограничением на частотный показатель устойчивости M = 1,55 [4].

Для АСР давления пара в ГПК постановка задачи отличается от классической по следующим моментам.

1. Малая инерционность динамики объекта управления обостряет влияние нелинейностей в технических средствах регулирования и требует, кроме параметров динамической настройки регулятора и дифференциатора *kp*, Ti*, kd** и *Td**, настраивать параметры нелинейных элементов, таких как зона нечувствительности Δ и минимальная длительность импульсов ШИМ t_i.

2. В АСР давления в ГПК не допускаются колебательные процессы. При этом задача осложняется тем, что требуется найти такие параметры, при которых не будет колебательности в широком диапазоне изменения нагрузки энергоблока: от 10 до 100 % мощности.

3. Исполнительным механизмом в схеме регулирования является главный сервомотор турбины, который относится к классу нелинейных исполнительных механизмов с постоянной скоростью перемещения регулирующего органа и ограничениями его положения.

В соответствии с поставленной задачей АСР настраивалась на минимум показателя качества (меры ошибки) при ступенчатом возмущении по каналу регулирующего органа. Предложен комплексный показатель качества работы системы, а именно: оптимальные значения параметров настройки регулирующего устройства определяются из условия минимума суммы интеграла по модулю отклонения регулируемой переменной и числа включений ГСМ (с весовым коэффициентом “a”) на интервале времени переходного процесса.

Предложенный критерий оптимальности учитывает специфические требования, предъявляемые к системе (минимум интегрального модульного показателя при отсутствии колебаний) и обеспечивает минимальное число включений сервомотора на интервале времени переходного процесса.

Задача поиска минимума комплексного показателя качества работы системы (целевой функции) является задачей нелинейного программирования при наличии ограничений. При оптимизации динамики системы регулирования, т.е. поиске оптимальных значений параметров настройки регулятора и дифференциатора учитывались следующие ограничения:

- значения параметров настройки регулирующего устройства должны быть положительными;
- степень затухания ψ колебаний переходного процесса должна быть близкой к единице: $\psi > 0.995$;
- интеграл отклонения регулируемой переменной $I_{лин}$ и интеграл по модулю отклонения регулируемой переменной $I_{мод}$ должны быть близки: $|I_{лин} - I_{мод}| < 0{,}005$.

Перечисленные факторы ограничили возможности классических частотных методов настройки линейных АСР [4] и потребовали использования перспективных технологий и методов анализа и оптимизации АСР численными алгоритмами.

Для поиска минимума использовался численный модифицированный генетический алгоритм многопараметрической оптимизации, реализующий поиск минимума целевой функции эволюционным методом. Целевая функция, содержит несколько экстремумов, появляющихся, в частности, из-за импульсного режима управления сервомотором постоянной скорости. Оптимизация АСР проведена с использованием алгоритма многопараметрической оптимизации одноэкстремальных функций цели (программа Opt), известного в литературе как метод деформируемого многогранника и разработанного в НИУ МЭИ модифицированного генетического алгоритма оптимизации многоэкстремальных функций цели (программа MGA) [5]. Метод поиска минимума целевой функции программы MGA - эволюционный с элементами статистики и генетического отбора. По сравнению с методом деформируемого многогранника он работает достаточно долго, но с большей вероятностью позволяет находить глобальный экстремум. Этот метод и используется для первичного анализа топологии оптимизируемых многопараметрических функций. В настоящее время формализованных методик настройки АСР с учетом нелинейностей нет. Используя алгоритм многопараметрической оптимизации, были найдены значения параметров ПИ-регулятора и нелинейностей.

Полученные значения параметров настройки регуляторов были использованы в системе регулирования давления пара в ГПК на 4 энергоблоке Кольской АЭС при проведении пуско-наладочных испытаниях в связи с модернизацией систем управления. Полученные графики переходных процессов показали достаточно хорошее качество регулирования, соответствующее требуемым условиям эксплуатации. Анализ переходных процессов полученных при испытаниях и процессов, полученных в имитационной модели, содержащей нелинейные элементы, позволил сделать вывод о пригодности имитационной модели АСР, эффективности принятого критерия оптимальности и методики поиска его минимума.

Литература

1. Зорин В.М. Атомные электростанции / Учебное пособие. М.: Изд. дом МЭИ, 2012. — 672 с.: ил.

2. Плютинский В.И., Погорелов В.И. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок АЭС // Учебник для техникумов -М.: Энергоатомиздат, 1983, – 296 с., ил.

3. Бочкарева Е.Ю. Кузищин В.Ф. Настройка длительности импульсов регуляторов с исполнительным механизмом постоянной скорости. / Электронный журнал «Новое в Российской электроэнергетике», Инф. Агентство «Энергопресс», 2009 №9, с 35-47.

4. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: Учебник для вузов. // М.: 1985. – 296 с., ил.

5. Сабанин В.Р. Универсальная программа для оптимизации многоэкстремальных задач «Optim-MGA» / В.Р. Сабанин, Н.И. Смирнов, А.И. Репин // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004610862, 2004.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В АГРОСТРАХОВАНИИ

Киселев В.Г.

ФИЦ ИУ РАН Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, г. Москва

vgkiselev@yandex.ru

Аннотация: Единственной информацией, доступной для оценки программ страхования и их сопровождения являются временные ряды урожайностей различных культур в различных регионах страны. В работе приводятся результаты анализа этих рядов и предлагаются методы их использования при разработке и практическом применении программ страхования растениеводческой продукции . Эти достаточно длинные скорректированные статистические ряды предлагается использовать в качестве выборки для непосредственного вычисления требуемых параметров и для исследования финансовой устойчивости страховой компании.

Ключевые слова: прогноз урожайности, доход, страхование, критерии, дисперсии параметров, статистика, риски

При разработке программ страхования растениеводческой продукции и при их реализации необходимо проводить некоторые вычисления, связанные с характеристиками этих программ. Существует два вида программ агрострахования – программы страхования урожая, в которых страхуются риски, связанные с погодными явлениями, и программы страхования дохода, которые гарантируют компенсацию потерь производителя сельскохозяйственной продукции не только от недобора урожая, но и от падения цен на производимую продукцию. В данном докладе будут рассмотрены примеры типичных вычислений для одной из программ – мультирисковой программы страхования урожая. Эта программа исследовалась в работах [2–6], результатами которых мы здесь воспользуемся.

Каждая программа страхования характеризуется некоторым набором критериев, по которому она и оценивается. Поскольку исходный продукт определяется урожайностью выращиваемой культуры – случайной величиной, то и все характеристики носят случайный характер. Традиционный набор критериев – это средний доход страховой компании, средний доход агрофирмы, характеристики их разбросов. В традиционном подходе единственной характеристикой разброса является вероятность недополучения запланированного (застрахованного) урожая (это одна точка в функции распределения). Более естественной характеристикой случайной величины, как это принято в теории вероятностей, является ее дисперсия. Этот вопрос рассматривался в [7] и здесь мы также будем оценивать разбросы характеристик их дисперсиями.

Сами же критерии зависят от свободных параметров программы. Набор этих параметров определяет эффективность программы страхования. Свободными параметрами в программах агрострахования являются: γ – доля участия государства в страховании – это в то же время является

критерием оценки деятельности государства; θ – величина страховой надбавки (известный в страховании параметр ([1]), обеспечивающий финансовое существование страховой фирмы).

Введем необходимые обозначения. Для простоты будем рассматривать страхование одной культуры одним хозяйством на единичной площади и при единичной цене на производимую продукцию. Пусть y – урожайность культуры в хозяйстве в момент уборки, y_-, y_+, Ey – минимальное, максимальное, среднее значение урожайности. Пусть также π – страховая премия – то, что платит агрофирма страховщику, r – величина страхового возмещения. Последние величины связаны соотношением $\pi = (1+\theta)Er$. В программе страхования урожая $r = (y_\alpha - y)_+$, где y_α – страхуемая (гарантированная) урожайность, нижний знак (+) означает функцию Хевисайда.

Для любой программы страхования справедливы следующие соотношения. Доход страховой компании в текущий год

$$G_I = \pi - r = (1+\theta)[y_\alpha F_\alpha - E_<] - [y_\alpha - y]_+,$$

где F_α – значение эмпирической функции распределения в точке y_α, а $E_< = \int_{y_-}^{y_\alpha} y dF$.

Средний доход страховой компании $EG_I = \theta Er$, а средние выплаты в страховых случаях $Er = y_\alpha F_\alpha - E_<$.

Дисперсия среднего дохода страховой фирмы равна

$$DG_I = Dr = Er^2 - (Er)^2 = y_\alpha(1-F_\alpha)(y_\alpha F_\alpha - 2E_<) + Ey^2_< - (E_<)^2, \text{ где } Ey^2_< = \int_{y_-}^{y_\alpha} y^2 dF.$$

Годовой доход агрофирмы равен $G_f = y + r - \pi_f$, где $\pi_f = (1-\gamma)\pi$ – часть премии, выплачиваемой агрофирмой (γ – доля государства).

Средний доход равен $EG_f = Ey + \psi Er$, где $\psi = \gamma - \theta(1-\gamma)$ – введенный ранее индекс страхования – очень важный параметр.

Дисперсию дохода агрофирмы можно представить в виде

$$DG_f = F_\alpha y_\alpha^2 (1-F_\alpha) + \int_{y_\alpha}^{y_+} y^2 dF - E_>^2 - 2y_\alpha F_\alpha E_>, \text{ где } E_> = \int_{y_\alpha}^{y_+} y dF.$$

Таким образом, из приведенных формул следует, что для вычисления по этим формулам необходимо знать функцию распределения $F(y)$ и уметь вычислять интегралы вида $\int g(y)dF(y)$, где $g(y)$ – некоторая функция.

Теперь о вероятности неразорения страховой компании. В простом модельном случае, который рассматривается здесь, были предложены методы решения этой задачи, но этот модельный случай, который позволяет понять некоторые закономерности задачи, далек от реальности, когда страхуются много хозяйств и много культур. Был рассмотрен и реальный случай страхования, когда j-я фирма заключила со страховой компанией договор на страхование дохода по k-й культуре на площади S_{jk}. Тогда динамика финансов страховой компании описывается соотношением

$$U(t) = u + \Pi(t) - \sum_{\tau=1}^{t}\sum_{k}\sum_{j} r_{jk}(\tau),$$

где u – её начальный капитал, $\Pi(t)$ – полученные страховые премии за t лет.

Первые два слагаемые в этом выражении – детерминированные величины, третье – случайная величина. Для вычисления вероятности неразорения необходимо знать функцию распределения суммы $R(t) = \sum_{\tau=1}^{t}\sum_{k}\sum_{j} r_{jk}(\tau)$.

В результате при ряде упрощающих предположений была получена асимптотическая оценка вероятности неразорения. Это все, что удается получить аналитически. Отсюда следует вывод, что в

реальном случае страхования для оценки вероятности неразорения необходимо привлекать другие методы, например, метод стохастического моделирования – метод Монте-Карло. В этом методе также предполагается, что известна функция распределения моделируемых случайных величин.

Таким образом, для полного исследования программы страхования (вычисления экономических показателей и вычисления вероятности неразорения) необходимо знать функцию распределения урожайностей. Для построения эмпирической функции урожайности имеются достаточно длинные временные ряды практически для всех культур и всех административных единиц. При анализе этих временных рядов можно выделить временные участки с различными трендами, что затрудняет использование информации в полном объеме. Так, на практике используют несколько последних измерений (обычно это пять лет), что явно недостаточно для достоверных оценок. В [] был предложен метод обработки временных рядов с различными трендами. Этот метод основан на аппроксимации всех трендов разного характера одним общим трендом, представимом в виде линейного сплайна. Неизвестные коэффициенты этого сплайна определяются методом наименьших квадратов. Если вычесть из каждого измерения временного ряда величину соответствующего тренда, то получим стационарный процесс с нулевым средним и постоянной дисперсией. По полученным таким образом измерениям построим эмпирическую функцию распределения урожайности, добавив величину соответствующего тренда.

При заключении договора страхования в некоторый год (весной) предполагается, что во всех проводимых вычислениях урожайность – это прогнозная урожайность в этом году в момент уборки. Одной из правдоподобных гипотез является гипотеза, согласно которой

Если эмпирическая функция распределения известна, то искомые интегралы вычисляются следующим образом:

$$\int_a^b g(y)dF(y) = \sum_{k=k_1}^{k_2} g(y_k)\left[F(y_k+0)-F(y_k-0)\right] = \frac{1}{n}\sum_{k=k_1}^{k_2} g(y_k),$$

где $y_k \in [a,b]$ – точки, в которых произведены измерения, $y_{k_1} = \min_{y_k}[y_k \ge a]$, $y_{k_2} = \max_{y_k}[y_k \le b]$ и $n = k_2 - k_1 + 1$.

Таким образом мы можем вычислить все необходимые экономические показатели, а проблему неразорения также можно решить методом Монте – Карло, используя полученную функцию распределения. Для этого необходимо только определить, какой на перспективу будет тренд.

Наконец, еще одно важное соображение. Ранее было сказано, что ряды урожайностей достаточно длинные и поэтому даже нет необходимости строить функцию распределения, рассматривая ряд измерений как достаточно представительную выборку. Во-первых, можно непосредственно использовать приведенную выше формулу для вычисления интегралов, которая в конечном виде не использует функцию распределения. Более того, можно вычислять средние значения и дисперсии функций методом Монте - Карло, воспользовавшись непосредственным их определением и построенными скорректированными рядами как совокупностью независимых наблюдений.

Литература

1. Бауэрс Н., Гербер Х., Джонс Д., Несбит С., Хикман Дж. Актуарная математика М.:Янус-К, 2001, 655с.
2. *Киселев В.Г.* Актуарная математика в агростраховании. М.: ВЦ РАН, 2011. 29 с.
3. *Киселев В.Г.* Математические модели в программе страхования дохода агрофирм. М.:ВЦ РАН, 2015. 28 с.
4. *Киселев В.Г.* Обоснование региональной мультирисковой программы страхования, сельскохозяйственных культур. / Управление большими системами/ Сборник трудов. Выпуск 61. М.: ИПУ РАН. 2016.С.168–190.
5. *Киселев В.Г.* Информационное обеспечение в системе страхования урожая. //Труды Международной конференции «Управление большими системами» М.: ИПУ РАН, 2016.
6. *Kiselev V.G.* Information support in agri-insurance. IEEE Xplore Digital Library. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), Moscow, Russia, 2017.
7. *Киселев В.Г.* Оценка стабильности доходов при страховании урожая //Труды одиннадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD-2018» (1-3 октября 2018 г., Москва, Россия). В трёх томах. Том I. М.: ИПУ, 2018, с. 280-287. ISBN 978-5-91450-223-9

АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОРОЖДАЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ковалёв С.П.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kovalyov@sibnet.ru

Аннотация: Предложены методы порождающего проектирования крупномасштабных технических систем на основе аппарата теории категорий, предназначенные для автоматического поиска оптимальных конфигураций проектируемых систем.

Ключевые слова: порождающее проектирование, энергетическая система, пространство проектирования, теория категорий, дискретно-событийное имитационное моделирование.

Введение

Назначение порождающего проектирования (generative design) состоит в том, чтобы, следуя парадигме четвертой промышленной революции (Industrie 4.0), передать компьютеру выработку и реализацию эффективных проектных и технологических решений, а не только их документирование и верификацию, как в системах САПР и PLM образца начала XXI века. Цикл порождающего проектирования включает автоматическое преобразование требований к изделию в задачу многокритериальной оптимизации, выбор наилучшего варианта решения этой задачи и последующее его воплощение при помощи средств автоматического производства. Такой подход был успешно апробирован в проектировании отдельных деталей высоконагруженных конструкций изделий машиностроения, с применением топологической оптимизации и трехмерной печати [1].

Однако для крупномасштабных систем проектирование на уровне деталей неактуально: здесь компьютер должен порождать и выбирать варианты архитектуры системы, топологии, состава и характеристик оборудования, режимов, алгоритмов управления. Такие варианты характеризуются не только числовыми, но и дискретными нечисловыми параметрами – структурными схемами, записями из базы данных оборудования, циклограммами алгоритмов. В совокупности параметры определяют пространство проектирования (design space), которое должно автоматически формироваться исходя из требований многочисленных заинтересованных сторон. Поиск (суб-, парето-)оптимальных вариантов в таком пространстве очень сложен, и взрывным образом усложняется с ростом масштаба системы [2]. Поэтому здесь нужны новые поисковые алгоритмы, с опорой на методы компьютерной алгебры. Теоретическая основа широкого класса таких методов представлена в настоящем докладе.

1 Пример цикла порождающего проектирования

Рассмотрим гипотетический цикл порождающего проектирования на примере энергетической системы [3]. Требования к энергосистемам, в том числе целевые функции для оптимизационных задач, согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 50001:2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению», формируются в цикле энергетического менеджмента (стадия *Inspire*). Далее динамически формируется пространство проектирования из возможных конфигураций энергосистемы, представленных цифровыми структурными схемами (стадия *Generate*). Анализ конфигураций на предмет соответствия требованиям и степени оптимальности (стадия *Explore*) производится при помощи алгоритмов поисковой оптимизации, которые отбирают конфигурации-кандидаты и передают их в специализированные инструменты моделирования и анализа энергосистем, такие как PowerFactory (Германия), RTDS (Канада), EnergyCS (Россия). Наилучшая конфигурация энергосистемы передается на строительство (стадия *Fabricate*), где из нее извлекаются команды для мобильных монтажных роботов и уставки для устройств управления.

Сквозное прохождение такого цикла для крупной энергосистемы требует очень много ресурсов. Поэтому рассматриваются упрощенные постановки задач, например комплектация гибридной системы энергоснабжения, состоящей из солнечных панелей, ветровых турбин, аккумуляторов и традиционного генератора на углеводородном топливе. Представление конфигурации такой системы сводится к числовому: выбирается по одной марке оборудования каждого вида, так что координатами в пространстве проектирования служат количества единиц каждого вида оборудования и числовые установочные параметры. Целевыми функциями служат годовая стоимость системы, вероятность потери питания и объем вредных (углеродных) выбросов. Эта многокритериальная оптимизационная задача может быть решена при помощи генетического алгоритма PICEA-g [4].

2 Теоретико-категорный подход к порождающему проектированию

В компьютере системные единицы представляются формализованными моделями различных видов: цифровыми образами геометрических фигур и тел, численными аппроксимациями дифференциальных уравнений, оснащенными графами, базами данных и т. д. При этом, как свидетельствуют стандарты системной инженерии, для анализа структуры систем и организации сборки необходимо знать не столько внутреннее устройство моделей, сколько ассортимент их возможностей соединяться с другими моделями в целях формирования моделей составных единиц. Иными словами, модели рассматриваются как «черные ящики» с известным поведением по отношению к другим моделям, и объединяются в графические структурные схемы сложных систем.

Наиболее удобными для постановки и решения оптимизационных задач являются модели и составленные из них структурные схемы, записанные с математическим уровнем строгости. Подходящий для такой записи универсальный аппарат развит в рамках теории категорий – раздела высшей алгебры, который «начинается с наблюдения, что многие свойства математических систем можно представить просто и единообразно посредством диаграмм» [5]. Обозначим через C категорию, объектами которой служат все модели некоторого заданного вида, а морфизмами – описания действий, связанных со сборкой систем, на языке таких моделей [6]. Ясно, что C действительно является категорией, поскольку в ней имеется композиция морфизмов (последовательное выполнение действий) и тождественные морфизмы (холостое «ничегонеделание» с произвольной моделью). Структурные схемы систем представляются диаграммами в C. Теория категорий позволяет вычислить по такой схеме модель системы как целого – это так называемый копредел (colimit) диаграммы.

Существует естественный способ конструирования морфизмов между диаграммами в C, из морфизмов категории C и гомоморфизмов графов, задающих форму диаграмм (уплощающая конструкция Гротендика). Этот способ определяет эндофунктор **D** в «категории всех категорий» **CAT**, который сопоставляет категории C категорию диаграмм $\mathbf{D}(C)$. Более того, функтор **D** индуцирует 2-монаду в **CAT**, известную как метамодель системного моделирования, поскольку в ней «закодированы» все применяемые в нем категорные конструкции [6].

В цикле порождающего проектирования систем требования к ним переводятся на язык записи моделей, составляющих категорию C. В результате пространство проектирования приобретает вид подкатегории в $\mathbf{D}(C)$, которую мы обозначим через CS. На ее объектах действуют целевые функции, путем вычисления которых ищутся оптимальные структурные схемы. Обозначим через Q частично упорядоченное множество – область значений некоторой целевой функции. Хорошо известно [5], что Q может быть представлена категорией, в которой объектами являются в точности все элементы множества Q, а морфизмы индуцированы порядком (т.е. из объекта x в объект y имеется ровно один морфизм, если $x \le y$, и ни одного морфизма в противном случае). Особо интересна ситуация, когда целевая функция выступает функцией объектов функтора с кообластью Q, действующего на подходящей нетривиальной подкатегории в CS или в двойственной категории CS^{op}. В этом случае можно применить оптимизационные алгоритмы типа градиентного спуска, выполняющие навигацию вдоль морфизмов этой подкатегории, производя расчет пути методами компьютерной алгебры.

3 Примеры категорных методов порождающего проектирования

Ярким примером применения аппарата теории категорий в моделировании систем служит дискретно-событийное имитационное моделирование. Здесь модель имеет вид сценария – фрагмента предполагаемой истории поведения системы, представленного потоком дискретных событий различных видов. Описания действий по сборке сценариев поведения сложных систем отражают вклад сценариев поведения составляющих. Так, сценарий работы предприятия составляется из сценариев работы единиц оборудования, связанных друг с другом в рамках технологического процесса [7]. Формально сценарий – это множество событий, частично упорядоченное причинно-следственными зависимостями и размеченное видами событий, а действия по сборке сценариев задаются отображениями, сохраняющими порядок и разметку [8]. Все сценарии и действия образуют категорию Pomset, (ко)пределы в которой описывают приемы сборки имитационных моделей систем – как обычную модульную компоновку, так и аспектное связывание (weaving) [9].

Ввиду повсеместного применения сценарного имитационного моделирования, навигацию в пространствах проектирования, представленных подкатегориями в D(Pomset), можно рассматривать как алгебраический метод, пригодный для порождающего проектирования широкого класса социально-экономических и технических систем, в том числе и энергетических. Здесь «целевые функторы» порождаются функциями, количественно характеризующими поведение проектируемых систем. Например, объем вредных выбросов гибридной системы электроснабжения можно выразить через количество событий соответствующего вида в составном сценарии ее функционирования, и

задать функтором на двойственной к подкатегории в пространстве ее проектирования, все морфизмы которой содержат не больше таких событий в копределе кообласти, чем в копределе области.

В качестве более специального метода рассмотрим проектирование больших гетерогенных вычислительных сред облачного типа, в том числе включающих узлы с нестандартной не-фоннеймановской архитектурой. Каждый узел среды представляется моделью вычислений – конечной алгеброй, состоящей из совокупности всех чисел, помещающихся в его память, и вычислительных примитивов над ними. Интеграция узла в среду заключается в кодировании чисел, поддерживаемых узлом, т. е. в сопоставлении им кодов чисел, поддерживаемых средой. Формально действиям по сборке отвечают отображения основных множеств алгебр, задающие правила кодирования так, что структура тех вычислительных операций, которые узел должен выполнять в составе среды, не разрушается. Все модели вычислений и все действия по их интеграции образуют категорию [10], конструкции в которой позволяют описывать и оптимизировать распределение ресурсов среды под выполнение расчетных алгоритмов. «Целевые функторы», минимизируемые в цикле порождающего проектирования, задают длительность расчета: сигнатурным операциям алгебр, отвечающих узлам среды, и связывающим их морфизмам сопоставляются оценки длительности [11].

Заключение

Аппарат теории категорий обладает большим потенциалом практического применения в условиях четвертой промышленной революции, в том числе для решения задач порождающего проектирования крупномасштабных технических систем. В настоящее время возможности применения предложенных теоретико-категорных методов исследуются на макете программного инструмента порождающего проектирования энергетических систем. В ходе развития инструмента до промышленного уровня готовности возникнет много новых задач для дальнейших исследований.

Литература

1. *Kowalski J.* CAD is a lie: generative design to the rescue. – Autodesk, 2016. – https://www.autodesk.com/redshift/generative-design/.
2. *Новиков Д. А., Губко М. В.* Методы оптимизации структуры иерархических систем // Управление развитием крупномасштабных систем. Вып. 2. – М.: ИПУ РАН, 2015. – С. 359–377.
3. *Ковалёв С. П.* Разработка технологии и программной платформы порождающего проектирования энергетических систем // Материалы одиннадцатой Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018). Т. I. – М.: ИПУ РАН, 2018. – С. 463–465.
4. *Shi Z., Wang R., Zhang T.* Multi-objective optimal design of hybrid renewable energy systems using preference-inspired coevolutionary approach // Solar Energy. 2015. Vol. 118. – P. 96–106.
5. *Маклейн С.* Категории для работающего математика / Пер. с англ. – М.: Физматлит, 2004. – 352 с.
6. *Ковалёв С. П.* Теория категорий как математическая прагматика модельно-ориентированной системной инженерии // Информатика и ее применения. 2018. Т. 12, Вып. 1. – С. 95–104.
7. *Андрюшкевич С. К., Журавлев С. С., Золотухин Е. П., Ковалев С. П., Окольнишников В. В., Рудометов С. В.* Разработка системы мониторинга с использованием имитационного моделирования // Проблемы информатики, 2010. № 4. – С. 65–75.
8. *Pratt V. R.* Modeling concurrency with partial orders // International Journal of Parallel Programming, 1986. Vol. 15. No. 1. – P. 33–71.
9. *Андрюшкевич С. К., Ковалёв С. П.* Динамическое связывание аспектов в крупномасштабных системах технологического управления // Вычислительные технологии. 2011. Т. 16, № 6. – С. 3–12.
10. *Ковалёв С. П.* Алгебраический подход к проектированию распределенных вычислительных систем // Сибирский журнал индустриальной математики. 2007. Т. 10, № 2. – С. 70–84.
11. *Топорков В. В., Топоркова А. С.* Оптимизация характеристик вычислительных процессов в масштабируемых ресурсах // Автоматика и телемеханика. 2002. № 7. – С. 149–157.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К НЕЙРОЭВОЛЮЦИОННОМУ ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Коротеев М.В.

Финансовый университет при правительстве РФ, г. Москва, Ленинградский пр-т, 49.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65
MVKoroteev@fa.ru

Аннотация: Рассматривается современное состояние методологических подходов к агентному моделированию экономических систем. Систематизированы критические наблюдения в отношении классических методов моделирования, выведены основные моменты, решение которых должны обеспечиваться новой методологией. Данное исследование может быть полезно специалистам в области машинного обучения, макроэкономического прогнозирования и эволюционных методов.

Ключевые слова: машинное обучение, имитационное моделирование, агентное моделирование, экономико-математические методы, эволюционное программирование, нейроэволюция.

Введение

Глобальная экономическая рецессия, последовавшая за мировым экономическим кризисом 2008 года по мнению исследователей, показала не только важность банковского и финансового сектора в развитии глобальной экономической системы, но и обнажила несовершенство стандартных экономико-теоретических моделей, не предсказавших ни возможность наступления такого кризиса, ни необходимые меры его преодоления [1]. Исследователи часто критикуют чрезмерную упрощенность стандартных моделей, не учитывающие гетерогенность рынков и юрисдикций, предположение о наличии устойчивого равновесного состояния и предпосылки рациональности действующих экономических агентов. Все эти особенности классических экономических моделей были наглядно показаны неадекватными реальным и значимым экономическим[47].

В связи с этим назрел вопрос о разработке нового методического подхода к моделированию крупномасштабных экономических систем, обладающих возможностью объяснять поведение экономических систем и акторов во время кризисных периодов. В последние годы значительно возрос интерес к агентному и имитационному моделированию экономических систем, в которых экономика в целом представлена как динамическая система взаимодействующих гетерогенных агентов с ограниченной рациональностью.

Большинство современных макроэкономических теорий формулируется как статистическое обобщение микроэкономических моделей с использованием численных агрегатов решений миллионов индивидуумов. Кроме того, общее равновесные модели базируются на гипотезе репрезентативного агента, то есть предпосылки о том, что все агенты в экономике равны в отношении своих предпочтений и характеристик. Это делает весьма затруднительным моделирование ситуаций, в которых существенную роль играет асимметрия информации.

Еще одним объектом критики стандартных моделей является их ориентация на агрегатные показатели, в частности, средние значения экономических характеристик. В то время как опыт последнего экономического кризиса показывает превалируют важность распределения числовых характеристик по совокупности акторов, в частности степень неравенства располагаемых доходов и накоплений[48].

Также гипотеза рационального агента приводит нас к тому, что модель имеет фундаментальное ограничение, заключающаяся в равных ожидаемых реакциях всех агентов при равенстве информации, которой они располагают. На практике агенты предполагаются располагающими одной и той же объективной моделью всей экономики в целом, исходя из которой они и принимают решения. Тем не менее опыт анализа финансовых рынков последних десятилетий[49] говорит о том что ожидания агентов не являются ни рациональными, ни равными. Агенты последовательно используют информацию неэффективно и таким образом формируют систему убеждений. Именно разница в

[47] *Economic Behaviour and Agent-Based Modelling M. Mueller and A. Pyka*
[48] *Krueger, D. & Perri, F. (2006), 'Does Income Inequality Lead to Consumption Inequality? Evidence and Theory', Review of Economic Studies, 73(1): 163-193.*
[49] *Thaler, R. (2000), 'From homo economicus to homo sapiens', The Journal of Economic Perspectives, 14(1): 133-141.*

убеждениях агентов приводит к наблюдаемой ситуации на финансовых рынках включая появление пузырей и обвалов рынка[50].

1 Критика классического подхода

Всё вышеперечисленное заставляет экономистов искать модели, учитывающие такие факторы как: асимметрия информации, стратегичность взаимодействий, формирование ожиданий на основе ограничение информации, взаимное обучение, социальные нормы, трансакционные издержки[51], экстерналии, хищнические стратегии, кооперацию и возможность неудачной координации действий. Естественным решением вышеперечисленных проблем будет отход от гипотезы репрезентативных агентов и представление крупномасштабных экономических систем через гетерогенные характеристики и поведения агентов.

Вместе с этим при применении агентных моделей встаёт вопрос о том чем заменить главный руководящий принцип принятия решений. Если мы говорим о классической модели, то у нас есть принцип рациональности агента, который используется для принятия решений каждым действующим агентом. В случае если мы отказываемся от него, проблема определения правил поведения агентов становится гораздо более сложной. Существуют два главных подхода к решению этой проблемы. Первый заключается в создании агентов на основе правил доступных из результатов психологических исследований в области принятия решений. это по сути предложения теоретического направления известного как поведенческая экономика.

Некоторые исследователи предлагают специальные методологии аппроксимации поведения агентов путем обучения специализированный нейронной сети на данных произведенных агентом в процессе своего существования [3]. Таким образом можно получить гораздо более вычислительно производительный аналог агента, позволяющий предсказать поведение агента с определенной степенью вероятности.

Поведение человека в экономической системе в таком смысле вполне аналогично процессу машинного обучения искусственной нейронной сети. Человек распознает шаблоны чтобы выстроить внутренний набор гипотез или модель внешнего мира. Обратная связь от него может усилить либо ослабить нашу веру в принятые гипотезы [2].

Обучение агента происходит в процессе принятия решения, которое, как отмечают исследователи, обычно базируется на одной наиболее вероятной модели. Остальные модели могут получать положительное или отрицательное подкрепление, однако не влияют на процесс принятия решений[52].

2 Использование интеллектуальных агентов

Широко распространен подход, при котором инструментарий машинного обучения используется для построения адаптивных агентов. В таком случае имитационная среда предоставляет обратную связь каждому агенту виды набора переменных, которые используются для онлайн обучения внутренней модели агента. В свою очередь имитационное среда использует алгоритмы машинного обучения для поддержания внутренней модели агентов.

Два принципиально разных подхода к интегрированию механизмов машинного обучения в агентные модели основаны на использовании обучения с учителем либо обучения с подкреплением. В первом случае существует явное знание о том какое действие повлекло ту или иную реакцию, тогда как во втором случае это связь может быть менее явной.

К настоящему времени обозначаются наиболее перспективные математические методологии и инструментальные средства, применимые к построению систем эволюционного имитационного моделирования на базе гетерогенной системы интеллектуальных агентов. Набор инструментальных средств непосредственно вытекает из изменившихся требований к агентной системе:

- гетерогенность, то есть индивидуальность поведения каждого агента;
- интеллектуальность, то есть способность каждого агента исходить из своей собственной модели окружающей реальности, а не из заданного заранее набора правил;
- как следствие, наличие у агента памяти;
- взаимное обучение исходя из прошлого опыта взаимодействия агентов;

---

[50] *Hommes, C. (2006), 'Heterogeneous agent models in economics and finance', Handbook of computational economics, 2: 1109-1186.*

[51] *Tesfatsion, L. (2006), Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory, in L. Tesfatsion & K. Judd, ed., 'Handbook of Computational Economics', Elsevier, pp. 831-880.*

[52] *Feldman, Julian. "Computer Simulation of Cognitive Processes," in Harold Borko, ed., Computer applications in the behavioral sciences. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1962, pp. 336-59.*

- наличие эволюционных механизмов усложнения и адаптации структуры агентов и модели в целом.

Эти требования подводят нас к мысли о применении систем машинного обучения в качестве решающего алгоритма внутренней модели агента. Как конкретный алгоритм, искусственные нейронные сети могут обеспечить как необходимую адаптивную гибкость (путем включения рекуррентных связей, ячеек с памятью), так и возможность работы в режиме частичного обучения и обучения с подкреплением и необходимую вычислительную оптимизацию, необходимую с учетом экспоненциального роста сложности подобных моделей [4]. В связи с этим, перед исследователями встает ряд проблем методического характера, а именно:

1. Реализация конкретного прозрачного и гибкого механизма интеграции алгоритмов машинного обучения модели и
2. Реализация механизма нейроэволюции с учетом частичного сохранения обучения при изменении архитектуры нейронной сети, то есть решение более сложной и комплексной задачи, нежели задача поиска архитектуры сети.
3. Поиск способа интеграции слабоформализованного общего руководящего принципа агентов, будь то требования рациональности, искусственного отбора или согласованности показателей модели с эмпирическими данными.
4. Интерпретируемость результатов моделирования в целом и поведения каждого индивидуального агента в частности.

В качестве обобщения можно сказать, что в настоящее время назревшая необходимость в создании новой методологии имитационного макроэкономического моделирования встречается с соответствующими ее запросам достижениями в области вычислительной теории агентного моделирования, машинного обучения и методиками выбора моделей. Имитационные модели имеют ряд преимуществ перед классическими, а именно:

1. Возможность получения более точных моделей.
2. Возможность моделирования крупных гетерогенных систем в состояниях, далеких от равновесных, например, предсказывать поведение экономики в период глубокого кризиса.
3. Возможность строить сценарные модели и тестировать адекватность экономических теорий и результативность регуляторных воздействий.

Вместе с этим, такие модели не лишены и сопутствующих потенциальных недостатков. Их четкая формулировка позволит более осознанно выбирать инструментальные средства для реализации таких моделей. Большинство исследователей в качестве недостатков выделяют:

1. Более высокую степень сложности таких моделей. Это выражается как в сложности построения, так и в вычислительной сложности расчета таких моделей.
2. Склонность к переобучению и потери адекватности модели.
3. Проблему интерпретируемости моделей [5].

В связи с этим мы предлагаем рассматривать подход к построению таких систем моделирования, основанный на следующей системе методических принципов:

1. Моделируемая система должна имитироваться как гетерогенный набор взаимодействующих интеллектуальных агентов.
2. Агент должен обладать способностью к обучению в результате собственных действий и должен строить множественные модели окружающей действительности в соответствии с принципом индуктивного обучения.
3. Агентная система должна иметь способность к эволюции под влиянием процесса обучения агентов и, как следствие, усложнения их взаимодействия. Вследствие этого система может не быть ограничена изначально заданными правилами.

Литература

1. *Mauro Napoletano, Jean-Luc Gaffard*, Zakaria Babutsidze. Agent Based Models: A New Tool for Economic and Policy Analisys. 2012. hal-01070338
2. *Brian Arthur*. Inductive Reasoning and Bounded Rationality. The American Economic Review, Vol. 84, No. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Sixth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1994), pp. 406-411.
3. *Sander van der Hooga*. Deep Learning in (and of) Agent-Based Models: A Prospectus. June 21, 2017
4. *Koroteev M*. Hierarchical classification compared to one-vs-all classifier on one problem of multiclassification in socio-economic modeling and application of hierarchical classifiers. Proceedings of 2018 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development", MLSD 2018, 28 November 2018, Номер статьи 8551784

5. *Коротеев М.В*. Обзор некоторых современных тенденций в технологии машинного обучения, E-Management, vol. 1, No 1, pp. 26–35. DOI: 10.26425/2658-3445-2018-1-26-35

СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО УПРАВЛЕНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ КООПЕРАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СЕТЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Лосев А.А., Абдикеев Н.М., Гайдамака А.И.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский пр-кт, д. 49
ALosev@fa.ru, NAbdikeev@fa.ru, AIGajdamaka@fa.ru

Аннотация: Концепция конкурентоспособных цепочек добавленной стоимости в производственных системах, как институциональной структуры, функционирующей на сетевых принципах, послужила толчком к разработке системы моделей межотраслевой цифровой платформы по управлению и оптимизации кооперации высокотехнологичных сетевых производственных систем. В работе описаны пути интеграции в бизнес-процессы производственных систем имитационной и когнитивной моделей. Практической реализацией системы этих моделей выступает отдельный программный продукт – межотраслевая цифровая платформа для участников создания новых высокотехнологичных продуктов и их компонентов.

Ключевые слова: промышленность, отраслевая производственная система, информационно-коммуникационные технологии, имитационная модель, когнитивная модель, цифровая платформа, блокчейн, межотраслевые связи, высокотехнологичные изделия, диверсификация производства, инвестиции, логистика, сервисное обслуживание, производство комплектующих, производственные цепочки.

Введение

Развитие промышленности и производительных сил показало несостоятельность монопроизводств применительно к выпуску высокотехнологичной продукции. Следует понимать, что в современном мире любое высокотехнологичное изделие, будь то автомобиль или компьютер, это по сути скомплексированный (собранный) под неким брендом набор комплектующих от разных производителей, требующий высококвалифицированного сервисного обслуживания на всех этапах его жизненного цикла и отлаженной системы логистики. При этом значительная часть современных высокотехнологичных конкурентных продуктов все чаще создается на стыке различных, зачастую не взаимосвязанных, областей знаний, технологий, производств и т. д., что требует расширения и повышения эффективности производственной кооперации.

Как следствие, наблюдается закономерное нарастающее увеличение доли OEM продуктов и компаний на глобальном рынке высокотехнологичных изделий. Соответственно изменение структуры и динамики глобального рынка высокотехнологичных изделий характеризуется следующими трендами:

- переход к олигопольному состоянию в большинстве сегментов отрасли, продолжение консолидации ресурсов, в т. ч. путем создания СП;
- формирование поставщиков интеграторов 1 уровня;
- активное развитие производственных мощностей в развивающихся странах;
- переход к структуре пирамиды с широкой «юбкой» кооперации и структуре поставщиков нескольких уровней (см. рис. 1).

Помимо этого, у большинства инициаторов выпуска новых высокотехнологичных продуктов ключевым вопросом является не только поиск и подбор необходимых компонентов и комплектующих будущего изделия, а в первую очередь выстраивание эффективных коммуникаций между производителями, службами сервиса, логистами и инвесторами.

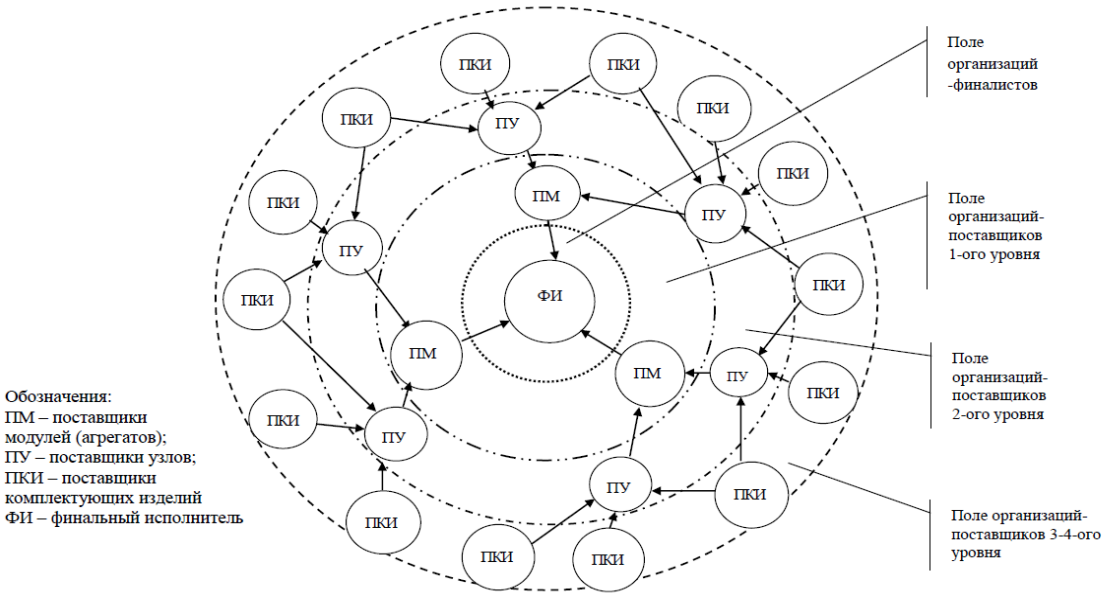


Рис. 1. Модельная схема вертикальной интеграции технологических цепочек поставки комплектующих организаций-поставщиков, реализуемая в мировом авиастроении

1 Межотраслевая цифровая платформа

1.1 Архитектура цифровой платформы

Увязка решения проблемы выпуска ТСП с поиском поставщиков комплектующих, логистических и сервисных услуг, а также инвесторов могла бы позволить оптимизировать организацию производства высокотехнологичных продуктов. При этом эффективность организационной деятельности может быть достигнута благодаря сетевой интеграции производственных, конструкторских, технологических, логистических финансовых и иных возможностей на единой независимой онлайн-площадке (см. рис. 2).

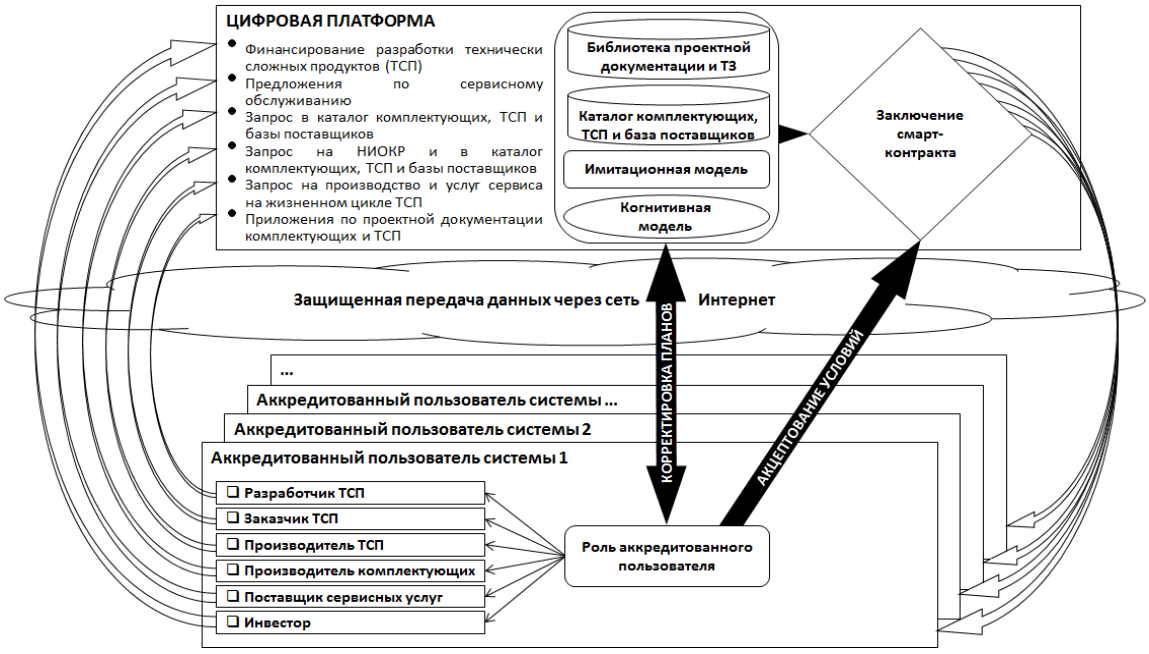


Рис. 2. Архитектуры информационной системы управления производственными цепочками на основе цифровой платформы

Таким образом, решению указанных проблем мог бы способствовать специализированный информационный инструмент – цифровая платформа, позволяющая на этапе разработки и производства сложного высокотехнологичного продукта осуществлять оперативный поиск подходящих комплектующих либо на основе задекларированных возможностей напрямую адресовать техническое задание их производителям. При этом инициатор производства нового

изделия может на основе использования единой платформы параллельно осуществлять онлайн-поиск инвестора, выстраивать логистику и систему сервисного обслуживания будущего продукта на всех этапах его жизненного цикла. Также немаловажную роль в рамках создания подобного рода площадки играет маркетинговая составляющая всех бизнес-процессов. Ключевым параметром в этом случае выступает репутация, формируемая автоматически (т. е. объективно и прозрачно) на основе результатов проведенных сделок, отзывов контрагентов, характеристик представленного предложения и др. параметров.

1.2 Имитационная модель

Целью моделирования было определено повышение эффективности управления производственными цепочками отрасли посредством имитации взаимодействия ее основных элементов, а также ключевых технологических факторов. Итогом моделирования стала оптимизация производственной программы с апробацией нового подхода при трансформации рынка поставщиков деталей на примере типовых предприятий и их производственных процессов.

Проведенное информационное обследование текущего состояния бизнес-процессов позволяет построить описание бизнес-процессов отрасли, связанных с различными аспектами производства, планирования и оптимизации производства, как на отраслевом, так и на межотраслевом уровнях, затрагивающих конкретную технологическую цепочку. Сценарий работы имитационной модели с существующей производственной программой заключается в анализе множества решений имитационной модели с учетом ограничений по срокам поставки, цены и минимальной партии.

1.3 Когнитивная модель

Сценарий работы когнитивной модели заключается в формировании новой производственной программы с учетом имеющихся компетенций и производственных мощностей на предприятии. Формирование программы рассматривается с учетом пересмотра локализации производства или, наоборот, закупки у сторонних производителей тех или иных комплектующих.

Таким образом, с использованием цифровой платформы в режиме онлайн можно отслеживать изменения условий осуществления производственной деятельности и выстраивать стратегию развития, не только отдельных предприятий, но и целых отраслей, что открывает широкие перспективы для всех участников высокотехнологичных производств.

Проведенное исследование показало, что для повышения эффективности управления и оптимизации кооперации высокотехнологичных сетевых производственных систем может быть использована система моделей, лежащая в основе работы межотраслевой цифровой платформы. В свою очередь, разработка межотраслевой цифровой платформы является технически сложной задачей, которая может быть решена в рамках последующих прикладных научных исследований и опытно-конструкторских разработок.

Литература

1. *Абдикеев Н.М.* Технологии когнитивного менеджмента в цифровой экономике // Мир новой экономики. №3, 2017. С. 24-28.
2. *Гайдамака А.И.* Межотраслевой маркетплейс для участников создания новых высокотехнологичных продуктов. В сборнике: Финтех: Инфраструктура, технологии и инструментарий сборник научных трудов. – М.:, 2018. С. 4-10.
3. *Гайдамака А.И., Лосев А.А. и др.* Парадигмы цифровой экономики: Технологии искусственного интеллекта в финансах и финтехе: Монография / Под ред. М.А. Эскиндарова, В.И. Соловьева. – М.: Когито-Центр, 2019. – С.147-157
4. *Лосев А.А., Сорокин Д.Д.* Экономические и экологические вызовы устойчивому развитию России и других стран СНГ: проблемы формирования новой технологической базы: Сборник международной научно-практической конференции / Под редакцией В.А. Цветкова, К.Х. Зоидова. 2017. С. 206-207.
5. *Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.* The smart factory: Responsive, adaptive, connected manufacturing, USA, Deloitte University Press. 2017. URL:http://www.smartfactory-owl.de/index.php/en/industry-4-0 [Google Scholar]
6. *Knickle K., Ellis S.* IDC FutureScape: Worldwide Manufacturing 2018 Predictions. 2017. URL:https://bluecrux.com/wp-content/uploads/2018/05/IDC-FutureScape-Worldwide-Manufacturing-2018-Predictions.pdf
7. *Tomas T.* The Connection Between Smart Manufacturing and IoT. // URL:https://www.manufacturing.net/article/2018/07/connection-between-smart-manufacturing-and-iot

АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕСУРСОЕМКОСТИ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Лукацкий А.М., Федорова Г.В.

Институт энергетических исследований РАН, г. Москва, ул. Нагорная, д. 31, корп. 2
macrolab@eriras.ru

Аннотация: Рассматривается задача варьирования удельных материальных затрат продуктов экономическими субъектами. Исследованы два типа нелокальных вариаций: затрат заданного продукта всеми экономическими субъектами; всех продуктов заданным экономического субъект. Предложен алгоритм, основанный на методе обратной матрицы. Алгоритм позволяет рассчитывать множество вариаций при однократном обращении матрицы для базового варианта модели.

Ключевые слова: экономические субъекты, удельные материальные затраты, нелокальные вариации, энергосбережение, имитационное моделирование, линейные неравенства, обращение матрицы.

Введение

Предлагается метод отображения реакций экономических субъектов (ЭС) экономики РФ на следующие вариации экзогенных факторов:

- изменение удельных материальных затрат заданного продукта;
- изменение структуры удельных материальных затрат заданного ЭС.

В известных макроэкономических моделях для решения подобных задач применяются модели, основанные на методах полилинейного программирования [1,2], когда поведение отраслей экономики подчинено некоторому единому критерию (например, максимизации ВВП в сопоставимых ценах). Известен альтернативный подход [3], реализованный в разработанной в ИНЭИ РАН модели MEMMAS (Macroeconomic Model of Multi-Agent Simulation), в которой поведение ЭС рассматривается как поведение взаимосвязанных агентов. При таком подходе агенты, в качестве которых выступают производственные отрасли экономики, описывается негладкими и даже разрывными функциями.

В [4] была предложена модель PriceImpact, в качестве согласующей схемы в которой выступает материальный баланс продуктов (МБ). Традиционным инструментом поиска согласованного решения здесь является симплекс-алгоритм [5]. Он дает итерационный поиск согласованного решения. Количество итераций в самом худшем случае может расти экспоненциально [6] в зависимости от размерности задачи. В [4] был предложен согласующий алгоритм, основанный на методе обратной матрицы. Одно из преимуществ метода [4] состоит в дальнейшем развитии алгоритма для расчета эффектов от варьирования коэффициентов матрицы. В качестве варьируемой может выступать не обращаемаяв модели матрица A, а матрицы, используемые в процессе сборки A , например, удельных материальных затрат ЭС на выпуск единицы продукции. Подобный подход был предложен в [7] для решения задачи ЛП, где рассматривались вариации матрицы коэффициентов специального вида (строчная, столбцовая). В [7] допускались только локальные вариации, ограниченные определенным условием на варьируемые коэффициенты.

В настоящей работе этот подход будет распространен на модели различного типа, в которых применяется процедура обращения матрицы. Новизна математических методов настоящей работы в сравнении с [7], состоит в том, что снимается ограничение о локальном характере вариаций коэффициентов матрицы, принятое в [7]. Возможность рассматривать нелокальные вариации существенно расширяет круг потенциально решаемых задач и снимает вопросы об условиях сходимости предлагаемого алгоритма, дает возможность точного, а не приближенного расчета последствий от варьирования матричных коэффициентов для ЗС. Типы рассматриваемых вариаций такие же, как и в [7]:

строчная и столбцовая, но уже в нелокальном режиме варьирования данных. Эти два типа вариаций получают в рамках используемой модели содержательный смысл:

- строчная соответствует задаче варьирования удельных материальных затрат на заданный продукт для выделенной группы ЭС;
- столбцовая соответствует задаче варьирования структуры удельных материальных затрат заданного ЭС для выделенной группы продуктов.

1 Алгоритм оценки эффекта от варьирования матрицы удельных материальных затрат

Расчет эффектов производится на многопродуктовой модели экономики, в которой одна отрасль может выпускать несколько продуктов и один продукт может производиться несколькими отраслями.

Модель включает 29 ЭС (отраслей экономики РФ, государственные учреждения (ГУ) и домашние хозяйства (ДХ)), которые выпускают и потребляют 34 продукта. Модель предназначена для варьирования экзогенных параметров, на изменения которых реагируют ЭС. Состав этих параметров формируется пользователем. Здесь могут быть два возможных набора параметров:

1. Удельные материальные затраты всех ЭС на заданный продукт. Например, таким продуктом может являться электроэнергия, тогда вариация может отражать процесс энергосбережения. В качестве варьируемого продукта может выступать также металл (черный или цветной), тогда вариация может отражать процесс ресурсосбережения.

2. Удельные материальные затраты заданного ЭС (например, ЭС "Электроэнергетика"). Такая вариация может отражать процесс взаимозамены ТЭРов, потребляемых заданным ЭС, например, взаимозамены газ-уголь или мазут-уголь. Может также моделироваться эффект от снижения затрат некоторого ЭС на собственные нужды (потерь) в тех случаях, когда эти затраты велики, например, для ЭС "Сельское хозяйство".

Исходным для проводимых исследований служит базовый вариант, в котором МБ согласован. Базовый вариант формируется предварительно на ранее разработанной в ИНЭИ РАН модели экономики с выделенным энергетическим блоком МЭНЭК [1]. Это делает удобным проводить последующие исследования в терминах отклонений от базового варианта.

В процессе эксплуатации пользователь в диалоге вводит значения интересующего набора варьируемых параметров. Для расчета эффекта от вариаций параметров предложен четырехуровневый алгоритм отклика. Схема построения алгоритма следующая:

1. Структуризация ЭС с точки зрения весомости их, как потребителей варьируемой продукции:

- Для типа вариации 1 выделяются отрасли, которые являются наиболее емкими потребителями варьируемого продукта (группа I), тогда выпускаемые ими продукты условимся называть группой II.
- Для типа вариации 2 выделяются ЭС, которые являются наиболее емкими потребителями продукции группы I, выпускаемой отраслью с варьируемыми удельными материальными затратами. Выпускаемые этими ЭС продукты образуют группу II.

2. И в том, и в другом случае меняются цены на продукты группы II, чтобы компенсировать изменения затрат выпускающих их отраслей в ответ на изменение затрат на потребление продукта группы I. Затем меняются цены оставшихся продуктов (группа продуктов III) для компенсации затрат выпускающих их отраслей на изменение цен продуктов групп I и II.

3. Производится изменение объемов выпусков продуктов. Здесь также используется двухуровневая схема:

- Меняются финансовые ресурсы ЭС. В качестве компенсации этих изменений меняются инвестиционные затраты ЭС. Как следствие, меняется потребление ЭС инвестиционных продуктов (строительство, машиностроение, металл, коммерческие услуги).
- Из-за изменения удельных затрат, а также выпуска инвестиционных продуктов, меняются суммарные материальные затраты отраслей.

4. В качестве следствия шагов (1-3) возникают дисбалансы в МБ. По итогам этих изменений пересчитываются выпуски продуктов с целью снятия невязок в МБ. Алгоритм пересчета выпусков следующий.

Предполагается, что в модели формируется некоторая матрица A, к которой в процессе получения решения применяется процедура получения обратной матрицы.

На 1-м шаге пересчитываются коэффициенты используемой в модели обратной матрицы $T=A^{-1}$. Алгоритм производит этот пересчет без дополнительного запуска процедуры обращения матрицы, используя только явные формулы для изменения коэффициентов обратной матрицы и выдает обновленную матрицу *Tnew*.

На 2-м шаге запускается пересчет оставшихся показателей модели, после чего система выдает вектор *disb* дисбалансов МБ.

На 3-м шаге обновленная обратная матрица *Tnew* умножается на вектор *disb* и получается вектор изменений выпусков продуктов, требуемых для сведения МБ: $\Delta X = Tnew \times disb$.

На 4-м шаге производится модификация вектора X выпусков продуктов: $Xnew ::= Xbasic + \Delta X$. Здесь *Xbasic* – вектор выпусков продуктов базового варианта. С новыми значениями вектора выпусков продуктов *Xnew* запускается режим пересчета всех показателей.

По итогам шагов 1-4 дисбалансы в МБ оказываются снятыми. Затем система генерирует выходную форму с относительными приращениями значений макроэкономических показателей и выдает ее пользователю для анализа.

Пример набора анализируемых показателей: ВВП; Валовое накопление основного капитала; Доходы ГУ.

2 Особенности программной реализации процедуры поиска согласованного решения

Описанный подход программно реализован в среде Visual Studio 2008 под операционной системой WINDOWS'8 с процессором Intel Pentium (i7). В качестве языка программирования был использован Visual Basic 2008. В качестве системы для ввода, редактирования и хранения данных модели, – Microsoft Excel 2010.

Модель включает 8715 параметров, которые могут рассматриваться как исходная информация для ввода донных. Она содержит также 52980 ограничений, на основе которых генерируются требуемые выходные формы.

Литература

1. Макаров А.А., Шапот Д.В., Лукацкий А.М., Малахов В.А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики // Экономика и математические методы. Т.38. 2002, № 1. – С. 45-56.

2. Лукацкий А.М., Шапот Д.В. Методы решения задач полилинейного программирования //Журн. выч. матем. и матем. физ. Т. 41. 2001. – С. 680–691.

3. Malakhov V., Nesytykh K, Dubynina T.. A Multi-Agent Approach for the Intercectoral Modeling of the Russian Economy. 2017 Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), IEEE Conference Publications, October 2017, DOI:10.1109/MLSD.2017.8109656.

4. Lukatskii A.M., Fedorova G.V. Algorithms and software for studying the impact of fuel and energy prices on the economy of the Russian federation, Management of Large-Scale System Development (MLSD), 2017 Tenth International Conference, 2-4 Oct. 2017, Moscow, Russia // IEEE Xplore, DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109653.

5. Bosco J., Etoa E., New optimal pivot rule for the simplex algorithm //Advances in Pure Mathematics, Vol. 6. 2016. – P. 647-658.

6. Clee V., Minty D.J. How good is the simplex algorithm? // Inequalities III (Proceedings of the Third Symposium on Inequalities held at the University of California, Los Angeles, Calif., September 1-9, 1969, dedicated to the memory of Theodore S. Motzkin) . – New York-London: Academic Press, 1972. – P. 159-175.

7. Лукацкий А.М., Шапот Д.В. Оценка чувствительности оптимального решения задачи линейного программирования к вариациям коэффициентов матрицы //Кибернетика и системный анализ // 1992, №4. – С. 176-178.

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПЛАТЕЖА НА РЕЖИМ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В НЕАНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИГРЕ

Мохонько Е.З.

Вычислительный центр им. А.А.Дородницына ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова ,д.40
mohon@ccas.ru

Аннотация: Рассматривается неантагонистическая дифференциальная игра двух лиц. Применяются стратегии, позволяющие получать информацию о позициях дискретным и непрерывным способами. Первый игрок может платить дополнительный платеж второму игроку. Найдены равновесные стратегии. Исследуется влияние дополнительного платежа на характер оптимального получения информации о ходе игры.

Ключевые слова: дифференциальные неантагонистические игры, получение информации, равновесие, дополнительный платеж

Введение

Как правило, для системы управления динамическим процессом существует наиболее благоприятный режим поступления информации об объекте управления. При таком режиме она управляет процессом наилучшим образом и сама не изнашивается раньше времени. Поэтому понятна важность и актуальность изучения оптимальных в том или ином смысле режимов получения информации с помощью динамических игр.

Черноусько Ф.Л., Меликян А.А.[7], Кононенко А.Ф.[2], Мохонько Е.З. [2,4] и др. исследовали как, получая информацию в отдельные моменты времени, добиться того же результата, что и при непрерывном наблюдении.

В данной работе рассматривается неантагонистическая дифференциальная игра, в которой первый игрок в конце игры может выплачивать дополнительный платеж второму игроку, если второй игрок не отклонялся от договорной траектории. Построена ситуация равновесия в r-стратегиях с возможностью выплаты дополнительного платежа. Он изменяет во многих случаях характер получения информации о равновесной траектории. Например, становится возможным получать информацию о равновесной траектории только конечное, а не счетное число раз.

Данная работа является продолжением исследований из [6]. Динамика рассматриваемой в данной статье игры более сложная. Она зависит не только от управлений игроков, как в [6], но и от позиции, в которую пришла игра

Цель данной работы состоит в том, чтобы определить характер изменения режимов получения информации о равновесной траектории при изменении дополнительного платежа и при сообщениях о том, что дополнительный платеж изменился, получаемых игроками по ходу игры.

1 Описание дифференциальной игры

Рассмотрим дифференциальную неантагонистическую игру двух лиц

$$\dot{x} = f(x,t,u,v), t_0 \le t \le T,\ x(t_0) = x^0,\ u \in P, v \in Q,$$

$$I_1(u,v) = g_1(x(T)),\ I_2(u,v) = g_2(x(T)) + U(x(T)).$$

Здесь x - n- мерный вектор состояния, u и v - p- и q- мерные вектор - функции управления, значения которых выбираются игроками 1 и 2 с целью максимизации соответствующих функций выигрыша $I_1(u,v) = g_1(x(T))$, $I_2(u,v) = g_2(x(T)) + U(x(T)) \cdot g_1$ и g_2 непрерывны.

Множества P и Q- компактны в соответствующих векторных пространствах. Вектор-функция $f(x,t,u,v)$ непрерывна по всем своим аргументам и удовлетворяет ограничениям из [1]. Выполняются условия существования седловой точки в маленькой игре [3].

$$U(x(T)) = \begin{cases} U_0 \ge 0, x(T) = x^0 \\ 0, x(T) \ne x^0 \end{cases}.$$

Если $U_0 > 0$, то $U(x(T))$ представляет собой дополнительный платеж, который игрок 1 выплачивает второму игроку, если в конце игры траектория игры приходит в точку x^0. Если $U_0 = 0$, то рассматривается игра без дополнительного платежа.

Множеством допустимых стратегий каждого игрока $\bar{U}, \bar{V}$ является множество измеримых по всем своим аргументам позиционных $u(x,t), v(x,t)$ и программных $u(t), v(t)$ управлений, удовлетворяющих включению $u \in P, v \in Q$, а также $r-$стратегии $\bar{u}, \bar{v}$ [2,4,5]. Будем пользоваться формализмом ломаных Эйлера и движений [3].

В [2,4,5] определено, какие моменты называется моментами получения информации для ломаных Эйлера и движений, порожденных r - стратегиями. Дано также определение ситуации равновесия в $r-$стратегиях.

Рассмотрим случай $U_0 = 0$, т.е. игру без дополнительного платежа.

Выберем некоторые кусочно-постоянные управления $u^0(t), v^0(t), t \in [t_0, 1]$ и соответствующую им траекторию $x^0(t) = (x_1^0(t), x_2^0(t))$.

Обозначим $M_1 = \{x,t \mid g_1(x(T)) \le g_1(x^0(T))\}$, $M_2 = \{x,t \mid g_2(x(T)) \le g_2(x^0(T))\}$,

G_1 - максимальный v - стабильный мост [3] к множеству M_1, ∂G_1 -его граница.

G_2 - максимальный u - стабильный мост [3] к множеству M_2, ∂G_2 -его граница.

v^{ext} -экстремальная стратегия [3] к G_1, u^{ext} -экстремальная стратегия к G_2.

Пусть $x^0(t) \in ((G_1 \setminus \partial G_1) \cap (G_2 \setminus \partial G_2)), t \in [t_0, T)$.

$X\left[x,t,u^0(\tau)\right]$-множество движений, исходящих из точки x,t и порожденных программной стратегией $u^0(\tau)$, $\tau\in[t,T]$. $x\left(\tau;x,t,u^0(\tau)\right)$ - движение, начинающееся в точке x,t.

$\bar{T}(x,t)=\{\bar{t}\mid \bar{t}\in[t,T],\exists x\left(\tau;x,t,u^0(\tau)\right)\in X\left[x,t,u^0(\tau)\right],$

$\exists t_2: x\left(\tau;x,t,u^0(\tau)\right)\notin G_2\forall\tau\in(\bar{t},t_2),t_2\in(\bar{t},T]\}$

$\omega_0(x,t)=\inf\limits_{\bar{t}\in\bar{T}(x.t)}\bar{t}$ при $(x,t)\in G_2$, $\omega_0(x,t)=t$ при $(x,t)\notin G_2$, $\omega_c(x,t)=\omega_0(x,t)-t$.

Пара $\bar{v}^0,\bar{u}^0$ образует ситуацию равновесия в r - стратегиях, где

$$\bar{u}^0=\begin{cases} r(x,t)=\omega_c(x,t),(x,t)\in G_2, r(x,t)=0,(x,t)\notin G_2,\\ \left\{u^0(\tau)\mid t\le\tau<t+r\right\}, r(x,t)>0,(x,t)\in G_2\\ u^0(t),(x,t)\in G_2, r=0\\ u^{ext}(x,t),(x,t)\notin G_2 \end{cases},$$

$\bar{v}^0$ строится аналогично.

$\bar{u}^0$, $\bar{v}^0$ порождают равновесную траекторию $x^0(t)$.Моментов получения информации для движения $x^0(t)$ не более, чем счетное число.

2 Дифференциальная игра с дополнительным платежом

Рассмотрим случай $U_0\left(x^0(T)\right)>0$, $x^0=x^0(T)$, т.е. игру с дополнительным платежом

Обозначим $M_2^{U_0}=\left\{x,t\mid g_2(x(T))\le g_2\left(x^0(T)\right)+U_0\right\}$.

$G_2(U_0)$ - максимальный u - стабильный мост к множеству $M_2^{U_0}$, $\partial G_2(U_0)$-его граница.

$\bar{T}\left(x,t;U_0\right)=\{\bar{t}\mid\bar{t}\in[t,T],\exists x\left(\tau;x,t,u^0(\tau)\right)\in X\left[x,t,u^0(\tau)\right],$

$\exists t_2: x\left(\tau;x,t,u^0(\tau)\right)\notin G_2(U_0)\forall\tau\in(\bar{t},t_2),t_2\in(\bar{t},T]\}$

$\omega_0^{U0}(x,t)=\inf\limits_{\bar{t}\in\bar{T}(x,t;U0)}\bar{t}$ при $(x,t)\in G_2(U_0)$, если $\bar{T}\left(x,t;U_0\right)\neq\varnothing$,

$\omega_0^{U0}(x,t)=T$, если $\bar{T}\left(x,t;U_0\right)=\varnothing$. $\omega_0^{U0}(x,t)=t$ при $(x,t)\notin G_2(U_0)$,

$\omega_c^{U0}(x,t)=\omega_0^{U0}(x,t)-t$.

$$\bar{u}^0(U_0)=\begin{cases} r(x,t)=\omega_c^{U0}(x,t),(x,t)\in G_2(U_0), r(x,t)=0,(x,t)\notin G_2(U_0),\\ \left\{u^0(\tau)\mid t\le\tau<t+r\right\}, r(x,t)>0,(x,t)\in G_2(U_0)\\ u^0(t),(x,t)\in G_2(U_0), r=0\\ u^{ext}(x,t),(x,t)\notin G_2(U_0) \end{cases}.$$

Аналогично тому, как это было сделано в [2] доказывается следующая теорема.

Теорема 1. Пара $\bar{v}^0,\bar{u}^0(U_0)$ образует ситуацию равновесия и порождает траекторию $x^0(t)$.

Моментов получения информации для движения $x^0(t)$ конечное число.

Пусть $U_{01}\left(x^0(T)\right)>U_{02}\left(x^0(T)\right)>0$. Пара $\bar{v}^0,\bar{u}^0(U_{01})$ образует ситуацию равновесия и порождает траекторию $x^0(t)$, так же как и пара $\bar{v}^0,\bar{u}^0(U_{02})$.

Теорема 2. Количество моментов получения информации первым игроком для движения $\chi^0(t)$, которое порождено парой $\overline{v}^0, \overline{u}^0(U_{01})$, не превышает количества моментов получения информации для движения $\chi^0(t)$, порожденного парой $\overline{v}^0, \overline{u}^0(U_{02})$.

Теоремы 1 и 2 используются для исследования игры, в которой один раз за всю игру может подействовать возмущение, изменяющее величину дополнительного платежа.

Литература

1. *Кононенко А.Ф.* Структура оптимальной стратегии в динамических управляемых системах //Ж. вычисл. матем. и матем. физ.1980. 20,№5. – С.1105-1116.
2. *Кононенко А.Ф., Мохонько Е.З.* О процессе получения информации в неантагонистических дифференциальных играх //Сообщения по прикладной математике. – М.:ВЦ АН СССР,1982, – 20с.
3. *Красовский Н.Н., Субботин А.Н.* Позиционные дифференциальные игры.– М.:Наука,1974. –456с.
4. *Мохонько Е.З.* Динамика информационных процессов в неантагонистических играх: дис…. доктора физ.-мат. наук: 05.13.17. –М.:ВЦ РАН,1998. –350с.
5. *Мохонько Е.З.*Ситуация равновесия при ограниченном запасе времени наблюдения. Сборник научных трудов XII Международной школы – симпозиума «Анализ, моделирование, управление, развитие социально – экономических систем (АМУР-2018)»,14-27 сентября 2018г. Симферополь-Судак. Симферополь: КФУ, 2018. – С.318–326.
6. *Мохонько Е.З.,Носырев А.В*. Информационные процессы в повторяющейся игре с дополнительным платежом и возмущающим фактором//Сборник научных трудов. V Международная школа-симпозиум «Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем, 12-18 сентября 2011, Севастополь». – Симферополь: ТНУ, 2011. – С.267-272.
7. *Черноусько Ф.Л., Меликян А.А.* Игровые задачи управления и поиска. – М.: Наука,1978. –270с.

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СИСТЕМНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Орлова Е.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет,
Россия, г. Уфа, ул. К.Маркса д.12
ekorl@ mail.ru

Аннотация: Рассматривается проблема оценки эффективности инновационной деятельности предприятия. Предложен новый подход к оценке системной эффективности инновационных проектов, обосновывающий с позиции социальной, экономической и экологической составляющих социальный характер, конкурентоспособность и экологичность инновационных проектов.

Ключевые слова: эффективность функционирования предприятия, системная эффективность инновации, методы оценки системной эффективности инновации.

Эффективность является одной из характеристик качества системы, ее результативность, то есть способность производить определенный эффект. Результативность системы определяется соотношением затрат и результатов функционирования системы. В зависимости от того, какие затраты и какие результаты принимаются во внимание, различают виды эффектов и эффективности – организационно-производственную, коммерческую, социальную, экологическую, бюджетную.

Экономическая эффективность отражает способность системы производить в процессе своего функционирования экономический эффект. Чем больше экономический эффект (результат) и меньше для получения этого результата затраты ресурсов, тем выше экономическая эффективность. В ряде случаев оценка экономической эффективности ограничивается соотношением между полученными результатами и затратами на его получение. Такое определение сформировалось исторически в работах неоклассической экономической школы (Дж. М. Кейнс, А. Пигу, Х. Лейбенстайн; И Ансофф, П. Друкер, Г. Минцберг) [1-4].

С позиций системного подхода предприятие обычно представляется в виде черного ящика, при этом внутренняя структура системы не раскрывается, а исследованию подвергаются только вход в модель (ресурсы) и выход из нее (эффекты) (Дж. Неймана, О. Маргенштерна, Я. Тинбергена, Ч. Кобба, П. Дугласа, Р. Солоу, К. Эрроу, Канторович Л.В., Лившиц В.Н., Нижегородцев Р.М., Гонтарева И.В) [5-11].

В работах по системному анализу и управлению под эффективностью понимается комплексное операционное свойство, характеризующее качество процесса функционирования системы и степень ее приспособленности к достижению цели (Флейшман Б.С., Норт Д., Нортон Д., Каплан Р., Львов Д.С., Клейнер Г.Б., Волкова В.Н., Дементьев В.Е., Анфилатов В.С., Новиков Д.А., Угольницкий Г.А., Сухарев О.С.) [12-22]. В понятие цель вкладываются различные оттенки – «от идеальных устремлений» (цель как выражение активности агента) до конкретных целей – конечных результатов, достижимых в пределах некоторого временного интервала.

В теории управления эффективность функционирования управляемой системы как степень соответствия ее результатов и целей зависит от состояния системы и от управляющих воздействий. В случае если известна зависимость состояния управляемой системы от управления, то получаем зависимость эффективности функционирования системы только от управляющих воздействий. Этот критерий является критерием эффективности управления системой.

Анализ существующих подходов в области идентификации и оценивания системной эффективности деятельности предприятий показал, что в настоящее время не существует единого методологического подхода к ее оценке. Системная эффективность предприятия должна оцениваться комплексно, с учетом всех видов бизнес-деятельности (производственной, финансовой, инвестиционной, инновационной) и с учетом воздействия этих видов деятельности на окружающую среду – природу, общество.

Выделяя у предприятия как у системы ряд существенных свойств, эти свойства можно условно разбить на три группы: общесистемные свойства (целостность, устойчивость, управляемость, наблюдаемость, детерминированность, открытость, динамичность), структурные свойства (связность, организация, сложность, масштабность, централизованность) и поведенческие (функциональные, операционные) свойства (результативность, ресурсоемкость, оперативность, производительность, точность, быстродействие, экономичность). Первые две группы свойств определяют качество системы, обуславливающих ее пригодность для использования по назначению, а третья группа свойств определяет операционную эффективность, то есть эффективность процесса функционирования системы, характеризующее его приспособленность к достижению цели системы. Тогда системную эффективность предприятия (проекта, программы) можно представить в виде комплексной (системной) оценки качества его структуры и качества функционирования. Она определяется рядом разнородных составляющих и показателей как количественного так и качественного характера.

Представим хозяйственный процесс экономической системы (предприятия) в виде двух типов операций (процессов). Первый тип операций определяет основные процессы функционирования предприятия – производства, распределения, обмена и потребления, требующие для их реализации совокупность ресурсов. Второй тип операции – это процессы управления – планирования, организации, учета, контроля и координации.

Эффективность хозяйственного процесса, или процесса функционирования предприятия может быть идентифицирована с помощью двух групп характеристик [23-25]: а) аллокативной эффективности, описывающей, насколько продуктивно распределяются те или иные ресурсы, а также насколько экономно они расходуются; б) адаптивной эффективности, характеризующей результативность выполнения поставленных целей и задач, а также степень приспособленности различных подсистем к изменениям внутренней и внешней среды в процессе достижения поставленных целей.

Традиционно инновационные проекты предприятия описываются с позиции их коммерческой (экономической) эффективности с использованием таких показателей как чистый дисконтированный доход, срок окупаемости и индекс рентабельности, либо представляют собой и имеют значительную социальную значимость или экологическую эффективность. Однако не существует сколько-нибудь формализованного подхода для одновременной оценки разных видов воздействий проекта и разных видов его эффективности. Для ряда проектов, значительно воздействующих на окружающую среду и социум, такая оценка представляется наиболее адекватной и соответствующей природе самого проекта. Поэтому необходим комплексный многомерный критерий оценки эффективности инновационных проектов, который обеспечивал бы обоснование качества проекта и его количественную оценку с учетом экологической, социальной и экономической составляющих его эффективности.

Отметим, что далее оценивается лишь операционная составляющая системной эффективности, отражающая процесс реализации проекта. Составляющая системной эффективности, связанная со структурной составляющей не рассматривается.

Формализованное представление такого критерия оценки системной эффективности инновационного проекта имеет вид: SE = f (EE, CE, EcE), где SE – системная эффективность, EE – экономическая эффективность, CE – социальная эффективность, EcE – экологическая эффективность. Оценка системной эффективности инновационного проекта состоит из трех этапов. На первом этапе осуществляется отбор однородных продуктов для производства которых разрабатывается инновационная технология, с позиции социальной эффективности. Второй этап направлен на выбор и обосновании наиболее перспективной технологии производства данного продукта и состоит из трех подэтапов. Сначала производиться оценка экономической эффективности производства данного продукта на базе использования трех показателей – чистого дисконтированного дохода, срока окупаемости и индекса рентабельности. На следующем шаге необходимо оценить экологическую эффективность выбранного типа производства наилучшего препарата с учетом показателей загрязнения окружающей среды. На третьем шаге данного этапа осуществляется расчет индексов по экономической и экологической эффективностям производства продукта. Экологическая эффективность представляет собой оценку влияния технологического процесса производства продукта на окружающую среду и ее степень загрязненности. Детерминантами экологической эффективности выступают показатели загрязненности почв, воздуха, воды. Это показатели опустынивания и ухудшение качества почв, снижения урожайности и др. Синтез индекса экологической эффективности реализуется на основе попарного сопоставления соответствующих показателей по сравниваемым технологиям. Приоритетная технология производства должна иметь характеристики степени загрязненности по значениям меньшим по сравнению с конкурирующей (менее экологичной) технологией. На третьем этапе реализуется процесс внедрения в производство наилучшей технологии производства наилучшего продукта. Этап затрагивает организационные и экономические механизмы реализации производственного процесса.

Предложенный комплексный многомерный критерий оценки системной эффективности проектов, обеспечивающий обоснование качества проекта и его количественную оценку с учетом социальной, экономической и экологической составляющих его эффективности. Концептуальная схема подхода к оценке системной эффективности проектов основана на принципе нелинейного синтеза составляющих показателей системной эффективности, отражает поэтапный процесс ее идентификации.

Литература

1. *Pigou A. C.* The economics of welfare, 1920. Электронный ресурс. – URL: http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW1.html (дата обращения 25.04.2019)
2. *Leibenstein H.* Allocative Efficiency and X-Efficiency // The American Economic Review. – 1966. –Vol. 56. – Pp. 392–415.
3. *Друкер П.* Эффективное управление. – М.: Издательско-торговый дом «Гранд», 2003.
4. *Алле М.* Условия эффективности в экономике. – М.: НИЦ «Наука для общества», 1998.
5. *Arrow K. J.* The Potentials and Limits of the Market in Resource Allocation. Chapter in book: G.R.Feiwel (ed.). Issues in Contemporary Microeconomics and Welfare, 1985. – P.107–124.
6. *North D. C.* Economic Performance through Time. Lecture to the memory of Alfred Nobel, December 9, 1993
7. *Норт Д.* Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. – М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. – 180 с.
8. *Нейман Д., Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970. – 780 с.
9. *Канторович Л.В.* Математико-экономические работы. – Новосибирск: Наука, 2011. 760 с.
10. *Блауг М.* Экономическая мысль в ретроспективе. – М.: Дело Ltd, 1994.
11. *Гонтарева И.В., Нижегородцев Р.М.* Системная эффективность предприятия: сущность, факторы, структура. – Москва-Киров: ВСЭИ, 2012. – 182 с.
12. *Лившиц В.Н.* Основы системного мышления и системного анализа.–:Институт экономики РАН, 2013.– 54с.
13. *Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А.* Системный анализ в управлении. – М: Финансы и статистика, 2008. – 358 с.
14. *Клейнер Г. Б.* Стратегия предприятия. – М.: Издательство Дело АНХ, 2008.
15. *Клейнер Г.Б.* Системная экономика как платформа развития современной экономической теории // Вопросы экономики. – 2013. – № 6. – С. 4-28.
16. *Флейшман Б.С.* Теория потенциальной эффективности сложных систем. – М.: Издательство «Советское радио», 1971. – 224 с.
17. *Сухарев О.С.* Теория эффективности экономики. – М.: Финансы и статистика. – 2009. – 368 с.
18. *Сухарев О.С.* Экономический рост, институты и технологии. –М.: Финансы и статистика, 2014.–464 с.
19. *Сухарев О.С.* Теория дисфункции экономических систем и институтов. – М.: Ленард, 2014.
20. *Волкова В.Н., Денисов А.А.* Теория систем. – М: Высшая школа, 2006. – 511 с.

21. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: Физматлит, 2012. – 604 с.
22. Угольницкий Г.А. Управление устойчивым развитием активных систем. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2016. – 940 с.
23. Орлова Е. В. Оценка экономической эффективности технических решений в дипломных проектах: учебное пособие. – Уфа: УГАТУ. – 2009. – 100 с.
24. Орлова Е.В. Системный анализ и моделирование экономической эффективности проектов: методический подход // Экономика и предпринимательство. – 2013. – №12-4. – С. 550-558.
25. Орлова Е. Управление эффективностью предприятия // Проблемы теории и практики управления. – 2014. – № 6. – С. 123-129.

ADAPTIVE CONTROL OF SUPPLIES AND ADVERTISING

Reshetnikova G.N., Kotcubinskiy V.P.
National Research Tomsk State University
Tomsk, Russia
Khabibulina N.Yu.
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
Tomsk, Russia
hnu@kcup.tusur.ru

Abstract — The problem of supply control and advertising costs is considered in the article. A function was introduced that describes the impact of advertising on the consumer. A mathematical model was constructed in the form of a system of linear stochastic differential equations. Determination of the volume of advertising rates and costs was carried out by the system of adaptive control in the case of tracking the planned income. Restrictions are imposed for the volume of supplies and advertising expenses.

Key words — mathematical model, adaptive control, supplies, advertising, advertising influence function.

Our time is characterized as the era of the digital economy. At the same time, it becomes clear that the digital economy is the basis for managing business, the social sphere, the market of goods and services, etc. Thus, the digital economy is the control of economic processes using digital technologies.

One of the main logistic tasks is control of supplies in the market of goods and services. An entrepreneur uses advertising in order to obtain the planned income, advertising makes it possible to increase consumer interest in the product, and, consequently, the pace of sales. It should be taken into account that advertising should appear at the right time, i.e. under some certain conditions. In addition, it is necessary to take into account the change of influence of advertising on the consumer over some time and the delay of advertising occurrence in accordance to the moment of its payment.

The tasks of supplies control and advertisement control were considered in [1-3], but these works did not take into account the fact that advertising begins to act not from the moment of payment, but from the moment of its occurrence, gradually reducing its impact. We propose a function that describes the influence of advertising, which depends linearly on advertising expenses, takes into account the delay of advertising occurrence after payment, and the varying intensity of the advertising effect on a consume in this paper. In this case, it becomes possible to identify the negative impact of advertising when evaluating the parameters of the model.

In this paper, we consider the problem of combined synthesis of digital adaptive supply control and advertising expenses. A mathematical model is constructed, when the cost of advertising is paid from the entrepreneur's income. A function is proposed that is linearly dependent on the cost of advertising, which describes the impact of advertising on the consumer and takes into account the time of payment, the occurrence and duration of the advertising. Restrictions are imposed for the volume of supplies and advertising costs. The results of numerical modeling illustrate the operability and quality of the proposed algorithms.

The system of restrictions for advertising costs can be used to make decisions about the use of advertising of a particular type.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЙ РАЗРАБОТКИ ГРУППЫ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Соломатин А.Н.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д.40
a.n.solomatin@bk.ru

Аннотация: Рассматриваются математический аппарат, обеспечивающий формирование стратегий разработки группы газовых месторождений на основе совместного использования имитационного моделирования, сеточных методов, дискретной и многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: Группа газовых месторождений, стратегия разработки, дискретная оптимизация, многокритериальная оптимизация.

В рамках концепции регионального программирования [1] в Вычислительном центре им. А.А. Дородницына ФИЦ «Информатика и управление» РАН были разработаны модели, методы, алгоритмы и программные комплексы для решения задач перспективного планирования газо- и нефтедобывающих регионов, проектирования генеральных схем освоения нефтяных и газовых месторождений.

В частности, в 80-е гг. была разработана Система перспективного планирования добычи газа (СПДГ) [2]. Система многократно использовалась при расчетах долгосрочных планов добычи газа по различным объектам газодобычи: Северо-Тюменской газоносной провинции, группам месторождений Восточной Украины, шельфа Черного моря, Ямбургскому и Оренбургскому месторождениям и т.д. Как дальнейшее развитие системы СПДГ, была разработана Система моделирования и оптимизации добычи газа (СМОД) [3, 4], в которой добавлены возможности решения оптимизационных задач.

В обеих системах реализована имитационная модель группы газовых месторождений [2], которая позволяет определять объемы добычи газа и основные технико-экономические показатели добычи в динамике по месторождениям. Модель работает на основе минимальной входной и управляющей информации, к которой относятся план добычи по группе месторождений и порядок ввода месторождений в эксплуатацию.

Актуальность перспективного планирования и прогнозирования в газовой отрасли связана с необходимостью анализа долгосрочных перспектив добычи газа и экономической эффективности добычи, в первую очередь для принятия стратегических управленческих решений по освоению новых газодобывающих регионов на Востоке и Крайнем Севере страны.

В отличие от централизованного планирования, в условиях рыночной экономики план добычи для группы месторождений нельзя считать заданным, и возникает задача оптимизации стратегий разработки группы месторождений. Задача нахождения наилучшей стратегии разработки для группы месторождений по своей сути является многокритериальной. Важнейшим критерием является накопленная добыча газа (извлекаемые запасы газа); максимизация накопленной добычи – это и удовлетворение растущего спроса на газ, и валютная выручка, и эффективное использование запасов. С другой стороны, чистая стратегия максимизации накопленной добычи является весьма затратной (большие объемы буровых работ) и неэффективной с точки зрения транспорта газа.

Предлагается искать приближенное решение оптимизационной задачи в дискретной постановке с использованием методов дискретной оптимизации, причем искать не только оптимальное решение для критерия максимума накопленной добычи, но и множество близких к нему решений [5]. Для каждого такого решения по результатам моделирования определяются значения дополнительных критериев, что позволяет осуществлять многокритериальный выбор стратегии для реализации.

Имитационный характер модели группы месторождений не позволяет задать целевую функцию и ограничения оптимизационной задачи аналитически. Поэтому непрерывная задача оптимизации накопленной добычи сводится к дискретной за счет введения равномерной сетки с параметрами (m,n), покрывающей область выхода траекторий плана добычи по группе на уровень постоянной добычи («полку»), где m - количество узлов сетки по оси OX (максимальное количество лет выхода добычи на «полку»), а n - количество узлов по оси OY (количество уровней добычи). Решение задачи ищется на конечном множестве G допустимых траекторий планов добычи по группе, проходящих через узлы такой сетки. Это - целочисленные векторы планов вида $y=(y_1,y_2,...,y_m)\in G$

такие, что $y_j \in \{1, 2, ..., n\}$, $j = \overline{1,m}$, и $y_j \le y_{j+1}$, $j = \overline{1,m-1}$ (в силу неубывания планов добычи до выхода на «полку»).

Необходимо найти такое решение $y^* \in G$, что

$$f(y^*) = \max_{y \in G} f(y),$$

а также множество элементов *N*, близких к оптимальному, такое, что

$$f(y) \ge f(y^*) - R,\ y \in N \subset G,$$

где f - функционал накопленной добычи по группе, а $R > 0$ - заданная величина.

Данная задача дискретной оптимизации является неполиномиальной с оценкой $O(n^m)$. Оценка может быть существенно улучшена: мощность множества $x_{n,m}$ допустимых решений *G* для заданной сетки (m,n) с учетом неубывания значений векторов планов может быть оценена [5] с помощью рекуррентных формул вида $x_{n,m} = x_{n,m-1} + x_{n-1,m}$ или $x_{n,m} = \sum_{k=1}^{n} x_{k,m-1}$.

Область допустимых решений можно сузить за счет использования таких ограничений, как задаваемые ЛПР верхнее и нижнее ограничения на траектории планов, траектория максимально крутого выхода плана добычи по группе на «полку», сумма «полок» всех месторождений группы, накопленная добыча по группе на начало планового периода. Обеспечивается округление значений этих траекторий до значений в ближайших узлах сетки и автоматическое построение области допустимых решений в зависимости от взаимного расположения данных траекторий.

Для решения оптимизационной задачи используется модифицированный метод ветвей и границ (ММВГ) [1], позволяющий находить не только оптимальное, но близкие к нему по значению функционала накопленной добычи решения из *N*.

При реализации данного метода формирование векторов планов и разбиение множества решений *G* на подмножества производится справа налево - от конца временного периода выхода на «полку». Тогда для сетки с параметрами (m,n) в каждом подмножестве разбиения $G_{j,i}$ будут находиться векторы планов, у которых правые части совпадают, а левые – не определены (различаются) вплоть до окончания процесса порождения векторов планов, т.е. для любых $y^1, y^2 \in G_{j,i}$ справедливо $y^1_t = y^2_t,\ t \le j$ и $y^1_j = y^2_j = i$.

Определяется оценочная функция добычи $Q^*_y(t)$ и оценочная функция накопленной добычи $f^*(y)$ такие, что для любого плана $y \in G$ и $t \in [0, T]$ выполняются условия $Q^*_y(t) \ge Q_y(t)$, $f^*(y) \ge f(y)$, где $Q_y(t)$ - динамика добычи газа по группе. При этом $Q^*_y(t) = Q_y(t)$ до момента начала падения добычи по группе месторождений для «полки» *p* и $Q^*_y(t) = p$ на этапе падающей добычи по группе. Очевидно, что для любого вектора плана $y \in G$ справедливо $f^*(y) \ge f(y)$, т.е. $f^*(y)$ является верхней оценкой накопленной добычи газа $f(y)$.

На множестве *G* вводится отношение порядка (доминирования) $\le$ и доказывается [5], что оценочная функция $f^*(y)$ монотонна по y, т.е. из $y_1 \ge y_2$, $y_1, y_2 \in G$ следует $f^*(y_1) \ge f^*(y_2)$. Тогда в качестве верхней оценки $g(G_{j,i})$ произвольного подмножества разбиения $G_{j,i}$ используется оценочная функция $f^*(y)$ для доминирующего вектора плана $\bar{y}_{j,i} \in G_{j,i}$ такого, что ему соответствует самая верхняя траектория выхода плана добычи на «полку» среди всех траекторий планов из $G_{j,i}$, то есть $g(G_{j,i}) = f^*(\bar{y}_{j,i})$, где $\bar{y}_{j,i} \ge y$ для $\bar{y}_{j,i} \in G_{j,i}$ и любого $y \in G_{j,i}$.

Наконец, доказывается основное условие применимости метода ветвей и границ – неубывание верхних оценок подмножеств разбиения [5]. Показывается, что функция $g(G_{j,i})$ на самом деле является оценкой (соответствует исходному функционалу $f(y)$ и быстро рассчитывается), является верхней оценкой и не возрастает по мере разбиения *G* на подмножества.

Приведем особенности применения ММВГ для решения данной задачи оптимизации:

- в качестве первоначального рекордного решения $\hat{y}$ берется ограничение самого крутого выхода на «полку»;
- дерево ММВГ хранится в виде списка, из которого исключаются отбракованные и/или раскрытые вершины;
- для дальнейшего ветвления выбирается множество с максимальной оценкой среди всех новых подмножеств разбиения;
- отсев некоторого множества $G_{j,i}$ производится при выполнении условия $g(G_{j,i}) < f(\hat{y}) - R$, что при $R > 0$ позволяет отбирать (не отсеивать) все решения, близкие к оптимальному;
- работа алгоритма ММВГ оканчивается, когда остается набор одноэлементных подмножеств разбиения, которые нельзя ни отбраковать, ни разбить на подмножества.

Для каждого варианта решений из множества близких работает имитационная модель группы месторождений, чтобы на основании выходных показателей модели рассчитать агрегированные показатели - критерии оценки данного варианта.

Средства многокритериальной оптимизации позволяют найти реальный (рациональный) [1] вариант стратегии развития группы месторождений как наилучший по заданным критериям, таким как объем накопленной добычи газа, величина и длина «полки», капиталовложения, чистая прибыль, цена на газ, NPV и т.д. Анализ и выбор вариантов производится при помощи стандартных методов, таких как нахождение множества Парето, линейная свертка значений критериев, поиск вариантов в окрестности идеальной точки и т.д. Сохраняется последовательность вложенных друг в друга множеств отобранных вариантов, поэтому всегда можно произвести откат к предыдущему уровню процесса и изменить его направление и/или параметры. Окончательный вариант стратегии разработки группы месторождений выбирается ЛПР по неформализованным критериям оценки на основании визуального анализа результатов оптимизации в виде так называемых профилей, где каждому варианту соответствует ломаная, соединяющая значения различных критериев, причем критерии отображаются по оси OX, а их значения - по оси OУ.

Используемый подход совмещает достоинства традиционной и многокритериальной оптимизации, нивелируя их недостатки. Так, в первом случае не для всякой задачи можно найти оптимальное решение за приемлемое время и не учитывается многокритериальность реальных задач. При этом нахождение точного оптимального решения по основному критерию не всегда оправдано, поскольку такое решение обычно неудовлетворительно по остальным критериям оценки решений. Предложенный подход может быть использован при решении достаточно широкого класса нелинейных многокритериальных задач.

Рассмотренный подход, модели и алгоритмы были реализованы в виде программной системы СМОД [3] на языке C# в инструментальной среде Visual Studio для Windows 7.

Литература

1. *Хачатуров В.Р.* Математические методы регионального программирования. – М.: Наука, 1989. – 304 с.
2. *Маргулов Р.Д., Хачатуров В.Р., Федосеев А.В.* Системный анализ в перспективном планировании добычи газа. – М.: Недра, 1992. – 287 с.
3. *Соломатин А.Н., Хачатуров В.Р., Скиба А.К.* Моделирование и оптимизация разработки группы газовых месторождений // Экспозиция Нефть Газ. 2017, №1. – С. 56-59.
4. *Хачатуров В.Р., Соломатин А.Н., Злотов А.В. и др.* Планирование и проектирование освоения нефтегазодобывающих регионов и месторождений: Математические модели, методы, применение / Под ред. В.Р. Хачатурова. – М.:УРСС:ЛЕНАНД, 2015. – 304 с.
5. *Соломатин А.Н.* Некоторые оптимизационные задачи для группы газовых месторождений. – М.: ВЦ РАН, 2009. – 44 с.

ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ ВНЕДРЕНИЯ SRM-СИСТЕМ И ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО СЦЕНАРИЯ

Строганова Я.С., Половинкина А.И., Кротова А.С.

Воронежский государственный технический университет,
Россия, г.Воронеж, ул. 20-летия Октября д.84
roxxie@yandex.ru

Аннотация: В данной статье рассмотрены основные понятия и сущность SRM-систем в работе строительных организаций. Определена основная цель SRM-системы, заключающаяся в выборе наиболее приоритетных и эффективных сценариев для внедрения данных систем в строительной отрасли. А также приведены основные этапы внедрения SRM-системы, в последствие, дальнейший расчет экономического эффекта SRM и сравнительный анализ при поиске более надежных поставщиков, используя систему трудовых показателей

Ключевые слова: SRM-система, цель работы SRM-системы, этапы внедрения SRM, методика расчета SRM-системы, трудовые показатели.

Введение

Актуальность темы данной статьи обусловлена тем, что SRM – это жизненно важный процесс для строительных организаций, который определяет ключевые товарные категории поставок и создает стратегию для интеллектуального управления этими категориями.

Предметом исследования являются SRM-системы. Объектом данной статьи является процесс выбора наиболее эффективного сценария для внедрения SRM-системы.

Таким образом, благодаря SRM-системе вся история о взаимоотношениях с поставщиками и контрагентами хранится в одном месте, и все собранные данные могут использоваться в работе каждым из сотрудников компании.

1 Обзор возможных сценариев внедрения SRM-систем и выбор наиболее эффективного

SRM – это модель взаимодействия, основанная на постулате, что центром всей философии бизнеса является поставщик товаров и услуг, а главными направлениями деятельности компании являются меры по обеспечению эффективного маркетинга, закупок и работа с поставщиками. Поддержка этих бизнес-целей включает сбор, хранение и анализ информации о поставщиках, партнёрах, а также о внутренних процессах компании. Функции для поддержки этих бизнес-целей включают закупки, маркетинг, поддержку поставщиков.

Тактическое внедрение SRM подразумевает использование готовых функций стандартной SRM системы, которые необходимы компании для осуществления заданного набора предметных функций.

При проектировании программного обеспечения для внедрения SRM за основу берутся следующие постулаты, которым отдается приоритет в ее последующей работе и функционировании [7]:

- основным приоритетом при выборе процессов работы в таком программном обеспечении являются интересы и поставщиков, и организаций;
- целью же работы программы является достижение максимальной эффективности маркетинговых процессов, увеличение качества поставок, причем данные процессы происходят с учетом высоких стандартов обслуживания поставщиков.

Таким образом, конечной целью внедрения SRM является увеличение степени удовлетворенности поставщиков и самой организации характером оказания услуги или продуктом.

2 Сравнение времени- и человеко-затрат при поиске поставщиков традиционным способом и с помощью SRM-систем

Методика характеристики затрат, используемая для сравнения человеко-затрат и времени - предполагает собой базовый принцип для сравнения величин трудовых показателей [12, с. 45-50].

Ниже приведен расчет трудовых показателей:

1) абсолютное снижение трудовых затрат (ΔT) в часах за год:

(1) $\Delta T = T_0 - T_1$

где T_0 - трудовые затраты в часах за год на обработку информации по базовому варианту;

T_1 - трудовые затраты в часах за год на обработку информации по предлагаемому варианту;

2) коэффициент относительного снижения трудовых затрат (*КТ*):

(2) $КТ = \Delta T / T_0 * 100\%$

3) индекс снижения трудовых затрат или повышение производительности труда (YT):

(3) $YT = T_0 / T_1$

Также необходимо рассчитать срок окупаемости затрат на внедрение проекта машинной обработки информации ($T_{ок}$), рассчитываемые в годах, долях года или в месяцах года:

(4) $T_{ок} = КП / \Delta C$

где КП - затраты на создание проекта (проектирование и внедрение).

3 Расчет экономического эффекта от внедрения SRM-системы

В качестве направления для расчета экономической эффективности выберем сравнение вариантов организации SRM по комплексу задач (сравнение SRM, предлагаемой в проекте, с существующим способом в организации).

Вложения в IT можно рассматривать не как затраты, а как инвестиции в основной бизнес. Соответственно, для оценки экономической эффективности используются те же инструменты и процедуры, что и в любом инвестиционном проекте.

Стандартная методика расчета показателей экономической эффективности включает в себя расчет суммы годовой экономии, коэффициента экономической эффективности капитальных вложений и срока окупаемости капитальных вложений.

Для сравнения времени- и человеко-затрат использована методика характеристики затрат на обработку информации по базовому (и проектному) варианту на основании трудовых показателей.

Резюмируя все вышесказанное, приходим к выводу, что применение SRM при расчете экономического эффекта дает:

- экономию рабочего времени специалистов за счет автоматизации рутинных процессов по организации и проведению тендеров;
- снижение материальных затрат за счет оперативного мониторинга цен и выбора лучших предложений на рынке;
- повышение безопасности и эффективности бизнес-процессов за счет систематизации информации при работе с SRM.

4 Этапы внедрения SRM-систем в строительной отрасли

Для автоматизации процессов в строительстве выделяется индивидуальная специфика внедрения SRM-систем:

- значительный документооборот: с самого начала отношений задействовано много документов;
- в работах, связанных с объектом, участвует больше сотрудников – кроме стандартных менеджеров по снабжению, здесь и инженеры, и проектировщики, и сметчики, и мастера, и монтажники;
- при большом числе актов, отгрузок, оплат критична степень автоматизации связки SRM с 1С: Предприятие (или любой другой системой учета), в которой работает бухгалтерия;
- помимо базового в SRM понятия «поставщик» присутствуют распространенные в строительстве понятия «объект» и «договор».

Основной персонал в строительстве имеет базовые навыки работы с компьютерами. Из этой специфики выводим требования к SRM:

- ведение документооборота непосредственно в SRM;
- развитая система организации коммуникаций сотрудников между собой;
- глубокая интеграция с 1С: Предприятие (или любой другой системой учета);
- в SRM реализована возможность работы с понятиями «поставщик», «строительный объект» и «договор», или логика и архитектура SRM позволяет добавить и работать с этими понятиями;
- простота работы в программе SRM, низкие требования к уровню компьютерной грамотности сотрудников;
- поддержка, сопровождение, возможность не самых сложных и дорогих доработок.

Основные факторы, влияющие на процесс трудоемкости проекта по внедрению SRM-системы:

1. Сложность бизнес-процессов SRM, поддерживаемых в рамках предприятия, и, собственно, их количество. Даже в случае с одним из наиболее простых проектов внедрения SRM-системы, список поддерживаемых манипуляций получается достаточно вместительным.

2. Система показателей. Вариант такой системы для блока поставок должен быть в обязательном порядке подчинен общей системе показателей.

3. Управление полями данных. Следует отметить, что в ИС современного образца имеется возможность добавления полей при помощи настроек.

4. Проведение диагностики систем управления.

Основная причина, которая вызывает трудности при внедрении SRM-системы- это неготовность компании полностью или частично автоматизировать данную программу по автоматизации всех процессов с поставщиками в строительной организации.

Литература

1. *Печорин И.Э.* Информационные системы обеспечения маркетинговой деятельности // Альманах современной науки и образования. 2015. № 12 (102).
2. *Колонский Е., Бельтюков И., Нестерова Н.* Прозрачность отношений //Директор информационной службы. – 2012. – № 4. – С. 12-14.
3. ГОСТ Р 54869-2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом
4. ГОСТ Р 54870-2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению портфелем проектов
5. ГОСТ Р 54871-2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению программой
6. ИСО 21500:2012 «Руководство по проектному менеджменту»
7. *Радушев Д. А.* Измерение и оценка эффективности работы служб закупок, логистики и маркетинга // Российское предпринимательство. – 2011. – № 11 (23). – С. 99-101.
8. *Шуремов Е.Л., Чистов Д.В., Лямова Г.В.* Информационные системы управления предприятиями. – М.: Бухгалтерский учет, 2016. – 109 с.
9. *Репин В.В., Елиферов В.Г.* Процессный подход к управлению.–М.: РИА «Стандарты и качество», 2014.– 408с.
10. *Романов В.П.* Интеллектуальные информационные системы в экономике. – М.: Экзамен, 2013. – 494 с.
11. *Дэниел О'Лири.* ERP-системы: выбор, внедрение, эксплуатация. Современное планирование и управление ресурсами предприятия /Пер. с англ. – М.: Вершина, 2014. – 272 с.
12. *Абрамов А.А., Гришина Н.И.* Методические указания по расчету показателей экономической эффективности дипломного проекта для специальности 080801 «Прикладная информатика (в экономике)» // Н.Новгород. Изд-во НГУ, 2013. – 23 с.
13. *Денисов Д.В., Дик В.В. и др.* Методические указания по дипломному проектированию для направления подготовки «Прикладная информатика» // М.: изд-во МФПУ «Синергия», 2015. – 56 с.

МИНИМАКС И МАКСИМИН В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ

Топка В.В., Цвиркун А.Д.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
topka3@mail.ru, tsvirkun@ipu.ru

Аннотация: Рассматриваются задачи минимизации продолжительности выполнения проекта и задача максимизации показателя его надежности в условиях модели Рэлея показателя надежности работы проекта, заданного орграфом с дизъюнктивными входными дугами. Решение предложенных задач дискретного минимакса и дискретного максимина, представленных в виде задач нелинейного программирования находится при помощи эффективного метода.

Ключевые слова: минимакс, максимин, инновационный проект, методы оптимизации.

Введение

В информационных системах управления проектами количественная оценка риска расписания (Risk of Schedule) и риска стоимости (Risk of Cost) производится на основе моделирования методом Монте-Карло. Предлагаемый подход позволяет выполнить анализ параметра риска исполнения (Risk of Performance) [1] проекта, для которого аппарат его анализа не разработан. Риск исполнения, по завершении выполнить требуемую миссию – достигнуть заданных технических характеристик, основан на кумулятивной вероятности благоприятного / неблагоприятного исхода. Для неё: вероятность успеха проекта – это вероятность того, что при исполнении данного проекта отказ не произойдёт, а функция распределения вероятности безотказного исполнения принята за показатель надёжности выполнения. Преимущество предлагаемого подхода состоит в том, что он даёт инструмент для работы в неисследованной области.

1 Модель показателя надёжности работы

Пусть $F_U(u) = \mathrm{P}(U \le u)$ - вероятность того, что стоимость U работы при выполнении некоторого проекта не превзойдёт величины u. Предположим, что изменение вероятности dF пропорционально затраченному невозобновимому ресурсу u (стоимости), а чтобы обеспечить участок насыщения – пропорционально, также, разности между максимально возможной вероятностью 1 и достигнутой $F(u)$ при текущем уровне расхода ресурса. Тогда $dF = k(u)[1-F(u)]du$. Пусть при выполнении работы $k(u) = 2bu$. Здесь $u \ge 0,\ b > 0$ – коэффициент пропорциональности. Тогда имеем дифференциальное уравнение с разделёнными переменными

$$\frac{dF}{1-F(u)} = 2budu$$

и начальным условием $F(0) = 0$. Его решение – функция распределения вероятности

$$F(u;b) = 1 - \exp\left(-bu^2\right) = p(u), \tag{1}$$

которая подтверждена результатами статистического анализа эмпирических данных. Получили модель Рэлея, где b>0 – параметр масштаба, 2 – параметр формы, для функции распределения, заданной в вершинах-работах детерминированного инновационного проекта с дизъюнктивными входными дугами OR [2]. Будем говорить о $p(u)$ (1) как о показателе надёжности работы и применять полученное распределение вероятности для анализа параметра риска исполнения проекта (Risk of Performance). Для зависимости прямых затрат ресурса на работу от её продолжительности выбирается достаточно апробированная [2] линейная аппроксимация

$$s_j u_j = -r_j t_j + h_j, \tag{2}$$

где $t_j > 0$ – время, $u_j > 0$ – невозобновимый (складируемый) ресурс; $s_j, r_j \in R^1_+;\ h_j \in R^1$ - параметры линейной аппроксимации; s_j – «цена» за единицу ресурса u_j, r_j – «цена» за единицу времени t_j. Эти параметры вводятся ещё и для того, чтобы левая и правая части (2) выражались в одних единицах измерения.

2 Минимаксная задача управления продолжительностью выполнения проекта

Рассматривается минимаксная задача минимизации времени выполнения крупномасштабного сетевого проекта с дизъюнктивными входными дугами, надёжностными и бюджетными ограничениями, а также линейными связями между переменными.

$$\max_{1 \le i \le m} \sum_{j \in \mu_i} a_{ij} t_j \to \inf_{(u,t) \in U_1}.$$

Данная задача дискретного минимакса введением дополнительной переменной t_0, сводится к следующей задаче нелинейного программирования (НЛП):

$$t_0 \to \inf_{(u,t,t_0) \in U_1},$$

$$U_1 = \begin{cases} -t_0 + \sum\limits_{j \in \mu_i} a_{ij} t_j \le 0, \quad i = 1:m, \\ P - \prod\limits_{j \in \mu_i} a_{ij} \left[1 - \exp\left(-b_j u_j^2\right)\right] \le 0, \quad i = 1:m, \\ \sum\limits_{j=1}^{n} c_j u_j - C \le 0, \quad s_j u_j = -r_j t_j + h_j, \quad j = 1:n, \\ u_j, t_j, t_0 \in [\varepsilon,\ \mathrm{N}]. \end{cases}$$

Где в U_1 –допустимом множестве задачи, j –номер вершины, μ_i – пути по вершинам – технологические цепочки из вершин нижнего уровня в конечную вершину, i – номер пути, матрица $\mathrm{A} = (a_{ij})$ – характеристическая функция системы ограничений, соответствующих топологии

технологической сети, $P > 0$–заданное ограничение на показатель надежности проекта, $C > 0$ – заданная суммарная стоимость работ проекта, N–достаточно большое число.

3 Максиминная задача управления показателем надежности выполнения проекта

Рассматривается задача максимизации вероятности безотказного исполнения крупномасштабного инновационного проекта к определённому допустимому сроку, в качестве чего принимается гарантированная ее оценка снизу, которая в теории надежности определяется слабейшим звеном (наихудшим показателем из технологических цепочек μ_i из вершин нижнего уровня в конечную вершину) при заданных бюджетных и временных ограничениях и линейных связях между переменными. Таким образом, имеем задачу дискретного максимина

$$\min_{1\le i\le m} P_{\mu_i}(u) \to \sup_{(u,t)\in U_2},$$

где U_2 – допустимое множество задачи. Переменные и параметры задачи такие же, как и в п. 2; $T > 0$ – заданное ограничение на продолжительность проекта, $C > 0$ – заданная суммарная стоимость работ проекта. Задача дискретного максимина введением дополнительной переменной P_0 сводится к следующей задаче нелинейного программирования:

$$-P_0 \to \inf_{(u,t,P_0)\in U_2},$$

$$U_2 = \begin{cases} P_0 - \prod\limits_{j\in\mu_i} a_{ij}\left[1-\exp\left(-b_j u_j^2\right)\right] \le 0, \;\; i = 1:m, \\ \sum\limits_{j\in\mu_i} a_{ij} t_j - T \le 0, \qquad \sum\limits_{j=1}^{n} c_j u_j - C \le 0, \\ s_j u_j = -r_j t_j + h_j, \qquad j = 1:n, \\ u_j, t_j \in [\varepsilon,\ \mathrm{N}], \;\; P_0 \in [\varepsilon,\ 1\text{-}\varepsilon]. \end{cases}$$

4 Метод решения минимаксной и максиминной задач в виде задачи НЛП

Рассмотрим общую задачу нелинейного программирования

$$\inf_{x\in R^n} f(x) \big| g_i(x) \le 0, \;\; i = 1:m; \; g_i(x) = 0, \;\; i = m+1:s; \; x \in U_0 \subset R^n,$$

где $x \in R^n$ – вектор оптимизируемых переменных, $f(x)$ – скалярная дифференцируемая целевая функция векторного аргумента $f(x): R^n \to R$, $g_i(x)$ – также некоторые скалярные дифференцируемые функции векторного аргумента.

Для решения таких задач эффективным методом считается применение уравнений Куна-Таккера, которые на основании приведённой формулировки задачи НЛП и при некоторых дополнительных предположениях о характере ограничений записываются в виде

$$\nabla f(x^*) + \sum_{i=1}^{s} \lambda_i \nabla g_i(x^*) = 0,$$

$$\nabla g_i(x^*) = 0, \; i = m+1:s;$$

$$\lambda_i^* = 0, \quad i = 1:m;$$

где λ_i – множители Лагранжа.

Для решения таких задач эффективным методом является алгоритм последовательного квадратичного программирования − Sequential Quadratic Programming (SQP), представляющий собой, по сути, разновидность квазиньютоновского метода. Основная идея SQP заключается в применении квадратичной аппроксимации функции Лагранжа, так что на каждой итерации решается задача оптимизации

$$\frac{1}{2}d^T H_k d + \nabla f^T(x_k)d \to \inf_{d\in R^n},$$

$$\nabla g_i^T(x_k)d + g_i(x_k) \le 0, \quad i = 1:m;$$

$$\nabla g_i^T(x_k)d + g_i(x_k) = 0, \quad i = m+1:s;$$

где H – симметрическая и положительно определённая матрица вторых частных и смешанных производных (матрица Гессе, или гессиан). Ньютоновские алгоритмы (в отличие от квазиньютоновских) непосредственно вычисляют H (прямое вычисление матрицы H требует больших вычислительных затрат) и осуществляют движение в рассчитанном на очередной итерации направлении уменьшения целевой функции до достижения минимума (с использованием методов одномерного поиска). В квазиньютоновских алгоритмах такое вычисление не производится, а используется некоторая аппроксимация H. Эти методы являются весьма эффективными потому, что они сочетают высокую скорость сходимости с невысокой трудоёмкостью итерации.

Для последней формулировки представляется целесообразным использование комбинированного алгоритма объединяющего метод BFGS [3, С. 92] и так называемого метода проекций [4, С. 384]. В методе BFGS аппроксимация H производится итерационно, по формуле

$$H_{k+1} = H_k + \frac{q_k q_k^T}{q_k^T s_k} - \frac{H_k s_k s_k^T H_k}{s_k^T H_k s_k}, \text{ где } \quad s_k = x_{k+1} - x_k, \quad q_k = \nabla f(x_{k+1}) - \nabla f(x_k).$$

Литература

1. The Owner's Role in Project Risk Management. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2005.
2. *Топка В.В.* Минимизация времени и стоимости с учетом показателя надежности в дизъюнктивной модели проекта // А и Т. 2012. №7. С. 78- 88.
3. *Измаилов А.Ф., Солодов М.В.* Численные методы оптимизации: Учеб. пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
4. *Дьяконов В., Круглов В.* Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2001.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕМАНИПУЛИРУЕМОСТИ

Щепкин А.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
av_shch@mail.ru

Аннотация: Рассматривается механизм распределения финансовых средств на основе принципа равных рентабельностей среди исполнителей – монополистов. Распределение финансов осуществляется после получения от исполнителей значений плановых затрат на выполнение работы. Определяются параметры механизма, побуждающие исполнителей определять плановые затраты максимально приближенные к фактическим затратам. Анализируются условия, исключающие заинтересованность исполнителей в завышении плановых затрат на выполнение работ.

Ключевые слова: плановые затраты, фактические затраты, прибыль, рентабельность.

Введение

При распределении финансовых средств для выполнения работ проекта предполагается, что все исполнители работ (агенты) стремятся максимизировать свою прибыль. Прибыль в рассматриваемом случае – это разность между полученным финансированием и фактическими затратами на выполнение работ. Фактические затраты агента не могут быть меньше некоторой заданной величины. Для того чтобы получить максимальную прибыль агенту выгодно снизить свои затраты, насколько это возможно, и максимально увеличить объем финансирования. Однако, если снижение затрат зависит только от самого агента, то размер финансирования определяется механизмом распределения финансовых средств и действиями всех агентов – участвующих в выполнении проекта. Распределение финансов осуществляется руководителем проекта на основе плановых затрат на выполнение работ. Чтобы увеличить объем финансирования, агент, учитывая особенности механизма распределения, так определяет свои планируемые затраты, чтобы при выбранном Центром механизме распределения

увеличить количество поступающих финансовых средств. Так, например, при распределении финансовых средств пропорционально планируемым затратам, чем большее значение планируемых затрат выберет агент, тем больший объем финансирования он получит. Поэтому, стремясь получить больший объем финансовых средств, агенты завышают планируемые затраты. Чтобы исключить заинтересованность агентов в завышении планируемых затрат возникает необходимость включать в механизм распределения дополнительные параметры и подбирать значения этих параметров, таким образом, чтобы исключить подобную заинтересованность.

1 Модель объекта

Рассматривается двухуровневая система, состоящая из Центра и *n* агентов нижнего уровня. Центр, ответственный за выполнение всего проекта, распределяет финансовые средства среди агентов на выполнение соответствующих работ, обеспечивающих выполнение проекта.

Для распределения финансовых средств Центр запрашивает у агентов информацию о планируемых затратах на выполнение работ. Действием агента является сообщение Центру запрашиваемой информации о планируемых затратах.

Обозначим: C – фонд финансирования; $N = \{1, 2, ..., n\}$ – множество агентов – исполнителей работ; s_i – планируемые затраты i-го агента, сообщаемые в Центр, $i \in N$; z_i – фактические затраты i-го агента $i \in N$; c_i – объем финансирования i-го агента $i \in N$.

Прибыль i-го агента определяется выражением $P_i = c_i - z_i$, $i \in N$. Если распределение фонда финансирования осуществляется на основе принципа равных рентабельностей [1-4], то i-й агент получает объем финансирования в размере $c_i = Cs_i \Big/ \sum_{j \in N} s_j$, $i \in N$. Отсюда легко видеть, что для всех агентов установлена одинаковая планируемая рентабельность, которая равна $\rho^{(s)} = C \Big/ \sum_{j \in N} s_j - 1$. При этом с ростом планируемых затрат планируемая рентабельность падает, в то время как $\partial c_i / \partial s_i > 0$, что означает заинтересованность агентов в повышении планируемых затрат для увеличения объема финансирования. Таким образом, несмотря на снижение планируемой рентабельности при увеличении планируемых затрат агентам для увеличения своей прибыли выгодно увеличивать планируемые затраты.

Такой же вывод может быть получен из анализа прибыли. Прибыль i-го агента можем записать как $P_i = C s_i \Big/ \sum_{j \in N} s_j - z_i$, $i \in N$. Нетрудно видеть, что $\partial P_i / \partial s_i > 0$, а это означает, что при этом всем агентам выгодно увеличивать планируемые затраты. Таким образом, Центр на этапе сбора данных не получает достоверную информацию о фактических затратах агентов.

Будем считать, что после выполнения всех работ фактические затраты становятся известны Центру. Тогда Центр может сравнить плановую прибыль каждого агента $P_i^{(\text{п})} = C s_i \Big/ \sum_{j \in N} s_j - s_i$ с полученной им прибылью P_i. Легко показать, что полученная прибыль P_i больше плановой прибыли $P_i^{(\text{п})}$ на величину сверхплановой прибыли $P_i^{(\text{сп})} = s_i - z_i$.

Для снижения заинтересованности агента получать, таким способом, сверхплановую прибыль Центр оставляет в распоряжении агента только q-ю часть сверхплановой прибыли. В этом случае полученная прибыль агента уменьшится на величину $(1\text{-}q)\times(s_i\text{-}z_i)$ и фактическая прибыль $P_i^{(\text{ф})}$ будет определяться как

$$P_i^{(\text{ф})} = C s_i \Big/ \sum_{j \in N} s_j - s_i + q\left(s_i - z_i\right),\ q \in [0;1],\ i \in N. \quad (1)$$

Из (1) видно, что q можно рассматривать как коэффициент штрафа за искажение информации о затратах на выполнение работ. При q=0 максимальный штраф, а при q=1 отсутствие штрафа.

2 Выбор параметров механизма

Необходимо выбрать значение коэффициента q, при котором агентам не выгодно будет увеличивать планируемые затраты. Для этого перепишем (1) в виде

$$P_i^{(\text{ф})} = \left(C \Big/ \sum_{j \in N} s_j - 1 + q \right) s_i - q z_i . \quad (2)$$

Ситуация равновесия по Нэшу находится из условия

$$\partial P_i^{(\phi)} \Big/ \partial s_i = C \Big/ \sum_{j\in N} s_j - 1 + q - C\, s_i \Big/ \left(\sum_{j\in N} s_j \right)^2 = 0. \quad (3)$$

Так как предполагается, что $s_i \geq z_i$, $i \in N$, то легко получить, что в ситуации равновесия по Нэшу

$$s_i^* = \left[C/(1-q) \right] \times (n-1)/n^2, \; i \in N. \quad (4)$$

Очевидно, что выражение (4) определяет ситуацию равновесия по Нэшу, только если

$$z_i \leq \left[C/(1-q) \right] \times (n-1)/n^2 . \quad (5)$$

В общем виде равновесные значения планируемых затрат агентов в ситуации равновесия по Нэшу могут быть записаны в виде

$$s_i^* = \begin{cases} z_i, & \text{если } z_i \geq \left[C/(1-q) \right] \times (n-1)/n^2 \\ \left[C/(1-q) \right] \times (n-1)/n^2, & \text{если } z_i < \left[C/(1-q) \right] \times (n-1)/n^2 \end{cases}, \; i \in N. \quad (6)$$

Так как на этапе распределения финансовых средств Центру не известны значения фактических затрат агентов $\{z_i\}$, то проверить справедливость неравенства (5) он не может. Однако следует заметить, что в модели, как и в жизни, Центр хотя и не знает точного значения $\{z_i\}$, но он точно знает, что планируемые затраты i-го агента не могут превышать некоторой максимальной величины D_i и не могут быть меньше минимального значения d_i. Поэтому в дальнейшем естественно считать, что все планируемые затраты, которые сообщают агенты в Центр, удовлетворяют условиям $s_i \in [d_i; D_i]$, $i \in N$, которые фактически характеризуют степень информированности Центра.

Информированность Центра о минимальных и максимальных затратах агента позволяет утверждать, что в ситуации равновесия по Нэшу выполняется (4), если справедливо

$$\max_{i\in N} \{D_i\} \leq \left[C/(1-q) \right] \times (n-1)/n^2 . \quad (7)$$

Итак, при выполнении (5) в ситуации равновесия все агенты сообщают одинаковые значения своих плановых затрат (4). Но на этапе распределения финансовых средств Центр предсказать такой исход не может, но он может предсказать такой исход если справедливо неравенство (7).

Таким образом из (4) видно, чем выше доля сверхплановый прибыли, оставляемой агенту, тем выше равновесные значения плановых затрат. А это соответствует тому, что чем меньше штраф за искажение информации, тем больше информация искажается.

На рис. 1 представлены графики изменения равновесных значений планируемых затрат агентов в зависимости от изменения коэффициента q. Графики изображены для случая $z_1 < z_2 < \ldots < z_n$, $z_1 < \left[C/(1-q) \right] \times (n-1)/n^2 < z_2$.

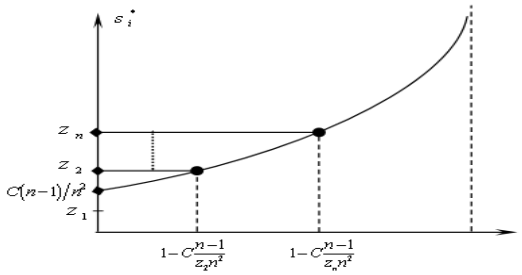


Рис. 1. Графики изменения равновесных значений планируемых затрат агентов.

Что касается прибыли агентов в ситуации равновесия по Нэшу, то она может быть записана в виде

$$P_i^{(\phi)} = C/n^2 - q z_i . \quad (8)$$

А отсюда следует, что чем выше доля сверхплановый прибыли, оставляемой агенту, тем ниже фактическая прибыль агентов. Другими словами, чем больше штраф за искажение информации, тем больше фактической прибыли получает агент. На рис. 2 изображен график изменения фактической прибыли i-го агента в зависимости от изменения коэффициента q.

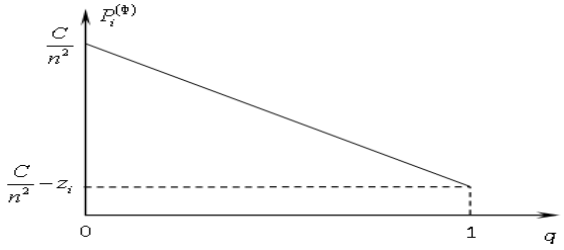


Рис. 2 Изменение фактической прибыли агента при увеличении коэффициента q.

Для того, чтобы в ситуации равновесия агенты сообщали значения плановых затрат, равные фактическим затратам должно выполняться условие $\partial P_i^{(\Phi)} / \partial s_i < 0$. Отсюда легко получить

$$q < \frac{C}{\sum_{j \in N} z_j} \left(\frac{min\{z_i\}}{\sum_{j \in N} z_j} - 1 \right) + 1. \quad (9)$$

То есть для получения достоверной информации от агентов о затратах на выполнение работ, Центр должен выбрать такое значение q, чтобы выполнялось неравенство (9). Но при выборе q Центру неизвестны значения $\{z_i\}$. Обозначим $d_k = min\{d_i\}$ и $D^{(k)} = \sum_{j \in N, j \neq k} D_j$. Учитывая что $z_i \in [d_i; D_i]$ можно утверждать, что неравенство (9) всегда справедливо, если справедливо неравенство (10).

$$q < 1 - CD^{(k)} \Big/ \left(D^{(k)} + d_k \right)^2. \quad (10)$$

При этом необходимо учитывать, что правая часть неравенства (10) не может быть меньше нуля. И это требование накладывает уже ограничение на фонд финансирования C.

$$C \le \left(D^{(k)} + d_k \right)^2 \Big/ D^{(k)}. \quad (11)$$

Таким образом, если неравенство (11) не выполняется, то при распределении фонда C на основе принципа равных рентабельностей Центр не сможет получить неманипулируемый механизм распределения. Выход из этой ситуации может быть следующим. Центр перед выполнением работ распределяет между агентами не весь фонд, а только его часть.

Пусть pC - та часть фонда, которую Центр распределяет перед выполнением работ. Для того, чтобы при распределении этой части фонда агентам было выгодно сообщать значения плановых затрат, равные фактическим затратам должно выполняться неравенство (12)

$$pC \le \left(D^{(k)} + d_k \right)^2 \Big/ D^{(k)}. \quad (12)$$

А отсюда сразу следует, что для p должно быть справедливо условие

$$p \le \left(D^{(k)} + d_k \right)^2 \Big/ \left(D^{(k)} C \right). \quad (13)$$

После выполнения агентами всех работ Центром распределяется оставшаяся часть фонда - $(1-p)C$. Отметим, что для распределения этой части не требуется информация о планируемых затратах агентов. Центр сам решает кому и в каком количестве выделять эти средства. В частности, эта часть может быть поделена среди агентов поровну и каждый агент получит средства в размере $(1-p)C/n$.

Таким образом, для построения неманипулируемого механизма распределения необходимо подобрать значения двух параметров. Первый параметр – q, доля сверхплановой прибыли, которая остается в распоряжении агента, второй – p, часть фонда, которую Центр распределяет перед выполнением работ. Соотношения между этими параметрами должно отвечать условиям (14)

$$\frac{1-q}{p} > D^{(k)} C \Big/ \left(D^{(k)} + d_k \right)^2. \quad (14)$$

Если параметры механизма принадлежат заштрихованной области на рис. 3, то механизм распределения фонда неманипулируем

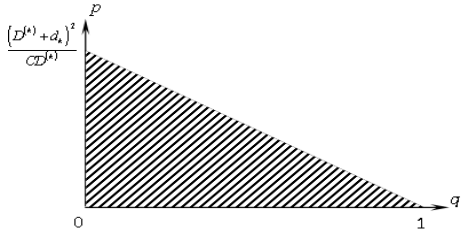


Рис. 3 Область неманипулируемости механизма распределения.

Заключение

Для обеспечения неманипулируемости механизма распределения необходимо учитывать размер распределяемого фонда *C*. Если для *C* выполняется условие (11) для обеспечения неманипулируемости достаточно выбрать параметр *q*, для которого справедливо неравенство (10). Если же для C неравенство (11) не выполняется, то сначала надо распределять *p*–ю часть этого фонда, при значении параметра *p*, удовлетворяющего неравенству (13). И только после выполнения работ Агентами распределять оставшуюся часть (1-*p*)*C*.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07-01285А.

Литература

1. *Ануфриев И.К., Гуреев А.Б.* Принцип равных рентабельностей в механизмах распределения прибыли // Автоматика и телемеханика , 1995, № 2, С.92–99.

2. *Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К. и др.* Большие системы: моделирование организационных механизмов. - М.: Наука, 1989. - 246 с.

3. *Burkov V.N., Goubko M.V., Kondrat'ev V.V., Korgin N.A. and Novikov D.A.* "Mechanism design and management: mathematical methods for smart organization." Nova Science Publishers, New York, p. 163, 2013.

4. *Щепкин А.В*. Противозатратные механизмы финансирования / Проблемы управления. 2018. №3 С. 17-25.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЛИКВИДАЦИЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ НАВОДНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАТОПЛЕНИЯ Г. АТКАРСКА

Хамутова М. В.[1], Кушников В. А.[2], Резчиков А. Ф.[3]

[1]Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, д.83

[2]Институт проблем точной механики и управления РАН, Россия, г. Саратов, ул. Рабочая, 24

[3]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

mariuka7d@rambler.ru, iptmuran@san.ru,

Аннотация: Сформулирована постановка задачи управления процессом ликвидации последствий наводнения, решение которой позволит повысить качество и эффективность управления процессом ликвидации последствий наводнения в Аткарске. Для решения поставленной задачи разработана модель системной динамики, описывающая нелинейные процессы объекта управления и позволяющая определить значения характеристик последствий наводнения, влияющих на величину ущерба. Разработанное математического обеспечение может быть использовано в информационных системах управления МЧС объектового, местного и территориального уровня.

Ключевые слова: управление процессом ликвидации последствий наводнения, математическая модель, системная динамика.

Введение

Саратовская область подвержена наводнениям, связанным с весенним паводком. В период весеннего половодья, разливаясь, р. Аткара затапливает на продолжительное время значительную территорию г. Аткарска Саратовской области и в отдельные годы этот процесс принимает форму стихийного бедствия.

Для повышения эффективности управления ликвидацией последствий наводнения в г. Аткарске необходимо разработать математическое обеспечение, позволяющее минимизировать последствия наводнения.

1 Управления процессом ликвидации последствий наводнения

1.1 Постановка задачи

Для информационно-управляющих систем РСЧС объектового, местного и территориального уровня разработать формальные модели и алгоритмы, позволяющие на временном интервале $t \in [t_0; t_N]$ определить управляющие воздействия $\mathbf{p}^a(t) \in \mathrm{P}$, минимизирующие целевую функцию:

(1) $$Z(t, \mathbf{a}(t), \mathbf{p}^a(t)) = \int_{t_0}^{t_N} \sum_{i=1}^{n} (X_i^* - X_i(t, \mathbf{a}(t), \mathbf{p}^a(t)))^2 \mu_i dt,$$ при ограничениях

(2) $$\frac{dX_i(t, \mathbf{a}(t), \mathbf{p}^a(t))}{dt} = f(t, \mathbf{a}(t), X_1(t, \mathbf{p}^a(t)), ..., X_n(t, \mathbf{p}^a(t))),$$

$i = \overline{1,n}$, $X_i(t, \mathbf{a}(t), \mathbf{p}^a(t)) > 0$, $i = \overline{1,n}$, $t > 0$

и при граничных условиях

(3) $$F_i^{t_0}(\mathbf{X}, \mathbf{X}', \mathbf{p}^a) = 0,\ F_j^{t_N}(\mathbf{X}, \mathbf{X}', \mathbf{p}^a) = 0,\ i = \overline{1,k_1},\ j = \overline{1,k_2},$$

где X_i^*, $i = \overline{1,n}$ - рекомендованные экспертами значения характеристик последствий наводнения, $X_i(t, \mathbf{a}(t), \mathbf{p}^a(t))$, $i = \overline{1,n}$ - значения характеристик последствий, выбираемые согласно нормативным документам [1]. μ_i, $i = \overline{1,n}$ - весовые коэффициенты характеристик, отражающий значимость, определенной характеристики в сравнении с другими. Управляющих воздействий $\mathbf{p}^a(t) \in \mathrm{P}$ формируются в виде планов (комплексов) мероприятий, направленных на смягчение возможных последствий.

1.2 Метод решения задачи управления процессом ликвидации последствий наводнений на примере затопления Аткарска

Для наводнения в Аткарске были выбраны следующие характеристики последствий наводнений: $X_1(t)$ - численность группировки сил, участвующих в ликвидации последствий наводнений; $X_2(t)$ - количество промышленных и производственных объектов в зоне наводнения; $X_3(t)$ - количество транспортных средств, участвующих в ликвидации последствий наводнений на объектах и территориях; $X_4(t)$ - численность населения в зоне затопления; $X_5(t)$ - ущерб основным производственным фондам в зоне затопления; $X_6(t)$ - ущерб оборотным производственным фондам в зоне затопления; $X_7(t)$ - количество погибших сельскохозяйственных животных; $X_8(t)$ - количество мостов, разрушенных и поврежденных в результате наводнения; $X_9(t)$ - количество жилых домов, разрушенных и поврежденных в результате наводнения.

Задача (1) относится к задачам вариационного исчисления на условный экстремум. Для решения указанной задачи был использован аппарат системной динамики:

(4) $$\frac{dX_i(t, \mathbf{a}(t), \mathbf{p}^a(t))}{dt} = f_i^+(F_1, F_2, ..., F_m) - f_i^-(F_1, F_2, ..., F_m),\ i = \overline{1,n}$$

где f_i^+, f_i^-, $i = \overline{1,n}$ – темпы, непрерывные или кусочно-непрерывные функции, определяющие положительную и отрицательную скорость изменения значения системной переменной X_i, $i = \overline{1,n}$. F_j $j = \overline{1,m}$ – факторы, влияющие на скорость изменения переменной X_i, которые при этом являются системными переменными или параметрами внешней среды [2].

Статистические данные по характеристикам для наводнения в Аткарске являются фрагментарными, поэтому для расчета характеристик последствий наводнений будем использовать модель, разработанную на основе экспертного опыта о характере зависимостей между системными переменными, процесс построения которой представлен в [3-8]. Таким образом, система дифференциальных уравнений, описывающая нелинейные процессы ликвидации последствий наводнений, примет вид:

$$(5)\quad \begin{cases} \dfrac{dX_1(t)}{dt} = k_1^a \sqrt{S(t)X_4(t)} \\ \dfrac{dX_2(t)}{dt} = k_2^a \sqrt{S(t)}X_4(t) \\ \dfrac{dX_3(t)}{dt} = k_3^a X_1(t) \\ \dfrac{dX_4(t)}{dt} = k_4^a D(t)S(t) \\ \dfrac{dX_5(t)}{dt} = k_5^a \dfrac{CD(t)\varphi_1^a(F(t),G(t))X_2(t)}{S(t)RK_{предп}} \\ \dfrac{dX_6(t)}{dt} = k_6^a X_5(t) \\ \dfrac{dX_7(t)}{dt} = k_7^a \dfrac{\varphi_2^a(F(t),G(t),T(t))S(t)X_4(t)}{X_1(t)X_3(t)} \\ \dfrac{dX_8(t)}{dt} = k_8^a \varphi_3^a(F(t),G(t),t)\sqrt{S(t)X_4(t)} - k_9^a X_1(t)X_3(t) \\ \dfrac{dX_9(t)}{dt} = k_{10}^a(\varphi_4^a(F(t),G(t),t)\sqrt[3]{S(t)X_8(t)} - k_{11}^a X_1(t)X_3(t)). \end{cases}$$

Где $D(t)$ - плотность населения, $F(t)$, $G(t)$, $T(t)$ - средняя скорость течения, глубина и температура воды, соответственно, $S(t)$ - площадь зоны затопления, C - стоимость основных производственных фондов субъекта РФ, $K_{предп}$ - коэффициент, определяющий степень готовности предприятий к наводнению, R - группировка сил, участвующих в мероприятиях по предупреждению наводнений, смягчению и ликвидации их последствий для предприятий. φ_1^a, φ_2^a, φ_3^a и φ_4^a - функции, которые определяются согласно таблицам из [9]. Поправочные коэффициенты k_i^a, $i=\overline{1,11}$ определяются посредством вычислительного эксперимента.

Система (5) имеет место при росте площади затопления, если площадь затопления постоянна или уменьшается, то актуальна система дифференциальных уравнений (6). Эти системы при начальных условиях $t_0 = 1$, $X_i(t_0) = X_{i0}$, $i=\overline{1,9}$ представляют собой задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Решение систем (5) и (6) получено методом Рунге-Кутты 4-го порядка при $X^N(t_0) = \{0,2\ \ 0,166\ \ 0,2\ \ 0,033\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0\}$ - начальных значениях моделируемых переменных, нормированных относительно их максимальных значений.

$$(6)\quad \begin{cases} \dfrac{dX_1(t)}{dt} = 0 \\ \dfrac{dX_2(t)}{dt} = 0 \\ \dfrac{dX_3(t)}{dt} = k_3^a X_1(t) \\ \dfrac{dX_4(t)}{dt} = 0 \\ \dfrac{dX_5(t)}{dt} = 0 \\ \dfrac{dX_6(t)}{dt} = k_6^a X_5(t) \\ \dfrac{dX_7(t)}{dt} = 0 \\ \dfrac{dX_8(t)}{dt} = -k_9^a X_1(t)X_3(t)) \\ \dfrac{dX_9(t)}{dt} = -k_{11}^a X_1(t)X_3(t). \end{cases}$$

Полученные при решении результаты аппроксимируются полиномами:

$X_1(t) = -0,001t^3 + 0,021t^2 - 0,058t + 0,238$;

$X_2(t) = -0,0001t^4 + 0,00165t^3 - 0,0047t^2 + 0,033t + 0,137$;

$X_3(t) = -0,0001t^4 + 0,00245t^3 - 0,0117t^2 + 0,055t + 0,154$;

$X_4(t) = -0{,}0001t^4 + 0{,}0011t^3 + 0{,}00136t^2 + 0{,}022t + 0{,}01$;

$X_5(t) = -0{,}00007t^4 + 0{,}002t^3 - 0{,}0177t^2 + 0{,}102t - 0{,}0865$;

$X_6(t) = 0{,}00001t^4 - 0{,}0004t^3 + 0{,}003t^2 - 0{,}0006t + 0{,}0024$;

$X_7(t) = -0{,}00004t^4 + 0{,}0014t^3 - 0{,}008t^2 + 0{,}02t - 0{,}012$;

$X_8(t) = 0{,}0000045t^4 + 0{,}00034t^3 - 0{,}0015t^2 + 0{,}0034t - 0{,}0022$;

$X_9(t) = 0{,}000003t^4 + 0{,}00047t^3 - 0{,}0023t^2 + 0{,}005t - 0{,}0034$.

Подставим полиномы, рекомендованные значения характеристик и весовые коэффициенты в (1), получим значение целевой функции согласно плану $p_0^a = const$:

$$Z(p_0^a) = \int_1^{12} (3{,}7 \times 10^{(-9)} t^8 - 1{,}38 \times 10^{(-7)} t^7 + 0.2 \times 10^{(-5)} t^6 - 0{,}2 \times 10^{(-4)} t^5 + \\ + 0{,}024 + 0{,}2 \times 10^{(-3)} t^4 - 0{,}97 \times 10^{(-3)} t^3 + 0{,}25 \times 10^{(-2)} t^2 - 0{,}6 \times 10^{(-2)} t) dt = 0{,}778 \quad (7)$$

Для наводнения в Аткарске было сформировано множество планов мероприятий, мощность которого равна двум $\mathrm{P} = \{p_1^a(t), p_2^a(t)\}$, где любой план мероприятий направлен на изменение значений характеристик $X_i(t)$, $p_j^a : \{X_1, X_2, ..., X_9\} \to \{X_1 + \alpha_1^{(j)}, X_2 + \alpha_2^{(j)}, ..., X_9 + \alpha_9^{(j)}\}$, $j = \overline{1,2}$. Рассчитаем для каждого плана значение целевой функции Z, а затем выберем план $p^*(t)$ для которого $Z(t, \mathbf{a}(t), p^*(t)) = \min\{Z(t, \mathbf{a}(t), p_j^a)\}$ [10-12]. В таблице 1 представлены значения целевой функции согласно плану p_0^a и при реализации планов p_1^a и p_2^a.

Таблица 1. Значение целевой функции Z при реализации планов мероприятий p_0^a, p_1^a и p_2^a

	для плана мероприятий p_0^a	при реализации плана p_1^a	при реализации плана p_2^a
$Z(p_j^a(t))$	0,778	0,667	0,677

Из таблицы 1 следует, что реализация плана мероприятий p_1^a позволит повысить эффективность управления процессом ликвидации последствий наводнения в Аткарске.

Согласно результатам, полученным из модели, значение характеристики $X_9(t)$ будет составлять 119 домов. При реализации плана p_1^a это количество снизится до 75. Значение характеристики $X_8(t)$ составило 5 мостов, а при реализации плана p_1^a это количество снизится до 3 мостов. В целом, полученные результаты вполне согласуются с реальными данными наводнения в Аткарске в апреле 2018 года.

Заключение

Разработано математическое обеспечение для управления процессом ликвидации последствий наводнений, которое может быть использовано в автоматизированных информационно-управляющих системах объектового, местного и территориального уровня РСЧС, позволяющее повысить эффективность и качество процессов управления.

Литература

1.ГОСТ 22.0.06-97/ГОСТ Р 22.0.06-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы. Номенклатура параметров поражающих воздействий (принят Постановлением Госстандарта РФ от20.06.1995 N 308)

2. Садовничий В. А., Акаев А. А., Коротаев А. В., Малков С. Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М.: ИСПИ РАН, 2012. 360 с.

3. Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Иващенко В.А., Богомолов А.С., Филимонюк Л.Ю., Хамутова М.В. Моделирование последствий наводнений на основе причинно-следственных комплексов и системно-динамического подхода Форрестера // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2017. 13 (4) с. 13-20

4. Хамутова М.В., Кушников В. А. Математическая модель прогнозирования последствий наводнений // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2016. №3. с. 109-114

5. Резчиков А.Ф., Цвиркун А.Д., Хамутова М.В., Кушников В.А., Иващенко В.А. Модели и алгоритмы информационных систем управления процессом ликвидации последствий наводнения на промышленных

объектах и территориях // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): материалы Одиннадцатой междунар. конфер. – Т. 1 – М.: ИПУ РАН, 2018. – с. 317-320
6. Kushnikov V.A., Rezchikov A.F., Tsvirkun A.D. Control in man-computer systems with computer-aided goal correction // Automation and remote control, 1998, vol. 59, no. 7. Part 2. P. 1040-1046
7. Khamutova M. V. et al Forecasting characteristics of flood effects // Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 052012 doi :10.1088/1742-6596/1015/5/052012
8. Khamutova M., Rezchikov A., Kushnikov V., Ivaschenko V., Kushnikova E. and Samartsev A. Mathematical Models and Algorithms for the Management of Liquidation Process of Floods Consequences // Recent Research in Control Engineering and Decision Making. 2019. Vol. 199. P. 540 – 541. DOI: 10.1007/978-3-030-12072-6_44
9.РД 153-34.2-002-01. Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения (приказ Минэнерго России № 130 от 26.04.2001 г.).
10. Кушников В.А., Яндыбаева Н.В. Управление образовательным процессом ВУЗа на основе модели Форрестера // Вестник Саратовского технического университета. 2011. Т. 2. №1(55). с. 172-176.
11. Щербаков М.А., Кушников В.А. Модели и алгоритмы системы управления аварийными ситуациями при производстве стекла // Вестник Саратовского технического университета. 2011. Т. 2. №1(55). с. 196-200.
12 Аветисян Ю.А., Кушников В.А., Резчиков А.Ф., Родичев В.А. Математические модели и алгоритмы оперативного управления процессами ликвидации чрезвычайных ситуаций // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 11. с. 43-47.

ДИАГНОСТИКА ПРОТИВОРЕЧИВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Цодиков Ю.М.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
tsodikov@ipu.ru

Аннотация: В докладе показана сложность задачи диагностики противоречивых ограничений модели оптимального планирования производства нефтеперерабатывающего завода. На основе данных моделей ряда заводов показана сложность этой задачи и способ решения. Приведена специальная задача линейного программирования, для которой возможен теоретический анализ сложности диагностики несовместных ограничений.

Ключевые слова: оптимальное производственное планирование, несовместная задача, противоречивые модели.

Введение

При оптимальном планировании производства нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) обычно выдвигаются требования достижения высокой эффективности и получения определенного количества продуктов при ограниченных ресурсах. Это зачастую приводит к противоречивой модели и несовместной задаче. Модели оптимального планирования производства имеют, как правило, большую размерность. В этом случае трудности содержательной интерпретации несовместного решения являются одним из основных факторов, ограничивающих применение моделей большой размерности. Модель оптимального планирования производства может быть несовместной в результате недостаточного количества ресурсов; ошибок в структуре потоков и параметрах модели; а также совместного действия этих двух факторов.

Несовместные задачи оптимального планирования рассматривались в работах по линейному программированию [1-2]. Возможность анализа несовместных задач предусматривается в различных системах оптимального планирования производства [3-5]. В оптимизаторе Xpress предлагается общий метод анализа несовместности, состоящий в том, чтобы найти небольшую часть матрицы, которая сама по себе несовместна [4]. Оптимизатор Xpress делает это, находя неприводимые несовместные множества ограничений - ННМ (irreducible infeasible sets - IIS). ННМ (IIS) - это минимальный набор ограничений, которые сами по себе несовместны, но становится допустимыми, если какое-либо ограничение (или несколько) удалены. Предполагается, что выявление ННМ помогает объяснить причины противоречивости ограничений [6-7].

В некоторых случаях, в том числе для моделей большой размерности, выявление причины несовместности, если поиск основан на ННМ, может оказаться очень длительным [4]. Кроме того, несовместная задача может быть такая, что в матрице ограничений нет ННМ, включающих небольшую часть матрицы.

В таких случаях вводятся переменные отклонения в ограничениях, чтобы сделать их допустимыми и эти отклонения штрафуются в целевой функции, т.е. вводятся штрафные функции. Введение штрафов за нарушение ограничений предусмотрено в различных системах оптимизации. При этом трудность анализа результатов состоит в том, что в решении часто получается достаточно много не нулевых отклонений в ограничениях.

1 Модель оптимального планирования и анализ несовместных ограничений

Модель оптимального планирования работы НПЗ на один период сформулирована в [8]. Задача решается методом последовательного линейного программирования ПЛП. На каждом шаге рекурсии решается задача ЛП. Часть коэффициентов матрицы ограничений являются постоянными величинами, а другие определяются заданными зависимостями. Как правило, это зависимости выхода продукта установок от качества сырья.

Для содержательной интерпретации несовместного решения в модель ЛП вводят штрафы u_i, v_i с коэффициентами d_i за нарушение некоторых ограничений. После введения штрафных переменных получим следующие ограничения и критерий:

(1) $$F = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j - \sum_{i=1}^{m} d_i (u_i + v_i), \quad \mathrm{F} \to \max$$

(2) $$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j - u_i + v_i = b_i, \; i = 1,...m, \; x_j \geq 0, \; u_i \geq 0, \; v_i \geq 0$$

После введения штрафных переменных система (1-2) становится совместной. В полученном решении анализируются величины штрафных переменных. Введение штрафов является инструментом исследования модели. Такая возможность исследования модели предусматривается в различных системах оптимального планирования [3-5]. В системе моделирования НПЗ [3] можно ввести штрафы избирательно с разными коэффициентами d_i за нарушение различных типов ограничений: показателей качества нефтепродуктов, производительности установок, условий материального баланса, запасов нефтепродуктов, энергозатрат и других. С целью исследования вводят штрафные переменные и по тем ограничениям, которые невозможно изменить по технологическим условиям производства.

Вся трудность анализа несовместной задачи состоит в том, что в результате решения часто получается много не нулевых переменных u_i>0, v_i>0 в ограничениях в том случае, когда достаточно изменить только одно ограничение для получения допустимого решения. В таблице приведены данные моделей двух НПЗ, для которых при такой размерности задач проявляются трудности интерпретации несовместных ограничений.

Таблица 1. Параметры моделей.

	НПЗ №1	НПЗ №2
Переменных задачи ЛП	2843	4915
Ограничений задачи ЛП	4323	3370
Ненулевых элементов матрицы	26273	27818

Эти модели примененялись при разработке проектов развития НПЗ и нефтехимии [9]. Методика выбора вариантов для анализа несовместных задач описана в [5]. Методика выбора варианта для анализа несовместных ограничений основана на сравнении нескольких предыдущих решений с штрафами.Такая методика выбора вариантов для анализа применялась при разработке моделей НПЗ.

В результате анализа результатов расчетов с моделями планирования различных заводов при получении несовместных ограничений наблюдаются следующие закономерности:

1.Одно противоречивое условие в модели может вызвать значительное число штрафных переменных u_i >0, v_i >0.

2.С ростом размерности задачи возрастает число штрафных переменных u_i >0, v_i >0, возникающих при одном противоречивом условии в модели.

3.Группа не нулевых штрафных переменных u_i >0, v_i >0 не является стабильной. Состав группы зависит от различных факторов, например, от величин коэффициентов штрафов.

Несовместное ограничение, как правило, не изолированно и связано со многими другими ограничениями. Перечисленные закономерности проявляются достаточно часто, но наряду с этим есть простые случаи, когда одно противоречивое условие в модели приводит к одному несовместному ограничению. По смыслу задачи для НПЗ разные ограничения (2) существенно связаны между собой. Например, условия по производительности установок, количеству нефти, качеству нефти и другие могут приводить к одним и тем же несовместным ограничениям.

2 Специальная задача ЛП

Рассмотрим специальную несовместную задачу ЛП с n переменными и m ограничениями неравенствами при $m=n+1$. Выпишем задачу ЛП в удобном для дальнейшего виде:

(3) $$F = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad \mathrm{F} \to \max$$

(4) $$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \geq b_i \qquad \mathrm{i}=1,\ldots\mathrm{m},\ x_i \geq 0,\ \mathrm{m}=\mathrm{n}+1\ .$$

Для задачи (3-4) обозначим допустимое множество задачи М и допустимое множество двойственной задачи М*. Будем рассматривать несовместную задачу 1-го рода, когда нет допустимого решения прямой задачи (М пусто) и есть решение двойственной задачи на множестве М* [2]. Такие задачи имеют экономический смысл. Для каждого ограничения (4) $i=1, \ldots, m$ построим дополнение с обратным знаком неравенства: $\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j < b_i$

Следующая система ограничений (5) образуется пересечением дополнений:

(5) $$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j < b_i\ ,\ i = 1,\ldots m,\quad x_j \geq 0\ .$$

Рассмотрим несовместную задачу (3-4), которая имеет следующие свойства:

1. Система несовместных ограничений (4) такая, что при исключении любого одного неравенства система имеет допустимое решение.
2. Все ограничений неравенства системы (4) линейно независимы.
3. Пересечение дополнений (5) образует замкнутое множество.

Симплекс метод на этапе поиска допустимого решения задачи (3-4) определяет дополнительные переменные u_i из условия:

(6) $$\varphi = \min \sum_{i=1}^{m} u_i$$

(7) $$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + u_i \geq b_i\ ,\ \mathrm{i}=1,\ldots\mathrm{m},\ x_i > 0,\ u_i > 0.$$

На этапе поиска допустимого решения (6-7) симплекс метод даст список несовместных ограничений, включающий все ограничения с переменными $u_i > 0$, $i=1, \ldots, m$.

Для задачи (3-4) и системы ограничений (5) справедливы следующие утверждения:

1.На этапе поиска допустимого решения (3-4) все переменные $u_i > 0$. Таким образом, для определения на содержательном уровне, какое из m ограничений (4) является причиной несовместности задачи необходимо проверить влияние каждого ограничения.

2.При росте размерности задачи число несовместных ограничений (4) возрастает линейно.

3.Система ограничений (5) образует симплекс.

Специальная задача интересна тем, что свойства задачи ЛП (3-4) аналогичны закономерностям, которые описаны выше для несовместной общей задачи ЛП. Таким образом, задача (3-4) удобна при обучении для объяснения сложности диагностики несовместных ограничений задач планирования большой размерности.

Литература

1. *Dantzig G.B.* Linear programming and extensions. Princeton University Press. 1998.
2. *Еремин И.И.* Противоречивые модели оптимального планирования. М.: Наука, 1988. 305с.
3. Refinery and Petrochemical Modeling System (RPMS). www.honeywell.com.
4. Xpress Optimizer Reference Manual. www.fico.com/fico-xpress-optimization.

5. *Цодиков Ю.М.* Информационная модель решения несовместной задачи оптимального планирования производства 2018, №4. –С. 55-62.
6. *Chinneck J.W.* Feasibility and infeasibility in optimization. Springer 2008, p.270.
7. *Greenberg H.J.* Computer–Assisted Analysis for Diagnosing Infeasible or Unbounded. Linear Programs, Mathematical Programming Studies Vol.31, 1987, –p.79–97.
8. *Цодиков Ю.М., Хохлов А.С.* Нелинейные модели оптимального планирования работы нефтеперерабатывающего завода // Тр. VII Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2013) Т.2 / М: ВЦ РАН, 2013. –С. 54–56.
9. *Соркин Л.Р., Шишорин Ю.Р., Цодиков Ю.М., Мостовой Н.В.,* Разработка и моделирование программ долгосрочного развития предприятий нефтепереработки и нефтехимии. Труды 10-й межд. Конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD'2017, Т.1 - М.: ИПУ РАН, 2017, С. 123-131.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОДНОЙ МАКРОМОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Черняев А.П., Прончева О.Г.

Московский физико-технический институт (государственный университет), Россия, г. Долгопрудный Московской обл., Институтский пер.д.9

chernyaev49@yandex.ru,

Меерсон А.Ю.

Российский экономический университет имени. Г.В. Плеханова, Россия, г. Москва, Стремянный пер. д.36

allameerson@yandex.ru

Аннотация: Рассматриваются математические вопросы некоторой макромодели экономического роста. Основное внимание уделено одной из главных задач – отысканию оптимального в некотором смысле способа разделения произведенного продукта на потребляемую и накапливаемую части. Критерием оптимальности выбрано среднедушевое потребление.

Ключевые слова: экономический рост, производственная функция, производственная мощность, среднедушевое потребление.

Введение

Производители рассматриваемой модели экономического роста выпускают однородный продукт. Производственная функция зависит от производственной мощности и количества производителей. Темп прироста производителей, коэффициент приростной фондоемкости, коэффициент выбытия мощности и характерное время ее наращивания мощности считаются непрерывными функциями, зависящими от времени произвольным образом. Описывается нахождение оптимального в некотором смысле способа разделения производственного продукта на потребляемую и накапливаемую части. При этом оптимизируется среднедушевое потребление.

1 Основные переменные рассматриваемой модели экономического роста

У теории экономического роста было два периода бурного развития [1]. В первом этапе были созданы экзогенные теории Рамсея [2], Солоу [3] и перекрывающихся поколений. Во втором этапе появились эндогенные теории, наиболее известны из которых модели Ромера [4] и Нардхауса [5]. В настоящее время известны преимущества эндогенных теорий над экзогенными [1].

Однако, модель Солоу достаточно популярна. Уравнение для фондовооруженности, следующее из модели Солоу [6,7] в общем случае не интегрируется. Оно интегрируется в частном случае производственной функции Кобба–Дугласа [7, 8], и, поэтому, может быть получено золотое правило Солоу [8, 9, 10]. В настоящей статье рассматривается модель экономического роста в достаточно общей постановке. В ней можно поставить и решить задачу нахождения оптимального в некотором смысле способа разделения производственного продукта на потребляемую и накапливаемую части, оптимизировать среднедушевое потребление, а также сформулировать и вывести золотое правило роста Солоу.

В рассматриваемой модели экономического роста количество независимых производителей $R = R(t)$ считается зависящим от непрерывного времени $t \in [0, T]$ и удовлетворяющим задаче Коши

$$R'(t) = \alpha(t)R(t), \quad R(0) = R_0. \tag{1}$$

Решение задачи (1) имеет вид

(2) $$R(t) = R_0 \exp\left(\int_0^t \alpha(\tau)d\tau\right).$$

Известная функция $\alpha = \alpha(t)$ в (1) и (2) называется темпом прироста производителей. Произведенный однородный продукт используется и как потребительский, и как фондообразующий. Национальный доход $Y = Y(t)$ разделяется на потребление $C = C(t)$ и на накопление $J = J(t)$:

(3) $$Y = C + J.$$

Мощностью $M = M(t)$ назовем максимальный выпуск продукта [8, 9, 10]. Тогда

(4) $$Y = F(M, R).$$

Известны свойства (4), которые постулируются [8, 9]. Ее удобно представить в виде

(5) $$F = M(t)\, f(x(t)).$$

В формуле (5) величина

(6) $$x = x(t) = R(t)/M(t)$$

равна количеству производителей на единице мощности. Функция $f(x)$ при $x \in [0, x_M]$, где $x_M = R_M/M$, а $R_M = R_M(t)$ – число рабочих мест при мощности $M(t)$, причем $f(x_M) = 1$ [10], обладает свойствами $f(0) = 0$, $f' > 0$ – так как выпуск растет с увеличением числа производителей, $f'' < 0$ – так как имеет место насыщение [10].

2 Уравнения и основная задача рассматриваемой модели экономического роста

Рассматривается задача отыскания оптимального способа разделения произведенного продукта на C и J (3). Оптимизировать мы будем среднедушевое потребление, то есть количество продукта, потребляемого одним работающим $c = c(t) = C(t)/R(t)$.

Пусть $I = I(t)$ – число единиц новой мощности, тогда

(7) $$J(t) = a(t)I(t),$$

где $a = a(t) > 0$ – коэффициент приростной фондоемкости – количество фондообразующего продукта для создания единицы новой мощности. Деградация основных фондов приводит к уменьшению мощности на величину bM, где $b = b(t)$ – коэффициент выбытия.

Итак, мы имеем скорость изменения мощности со временем

(8) $$M'(t) = I(t) - b(t)M(t).$$

Предположим [10], что имеет место пропорциональность

(9) $$I(t) = \beta(t)M(t),$$

где $\beta = \beta(t)$ – величина обратная характерному времени наращивания мощности. Тогда из (8) и (9)

(10) $$M'(t) = [\beta(t) - b(t)]M(t).$$

Интегрируя уравнение (10), получаем

(11) $$M(t) = M_0 \exp\left(\int_0^t [\beta(\tau) - b(\tau)]d\tau\right).$$

Здесь к уравнению (10) добавлено начальное условие $M(0) = M_0 > 0$. Обращаясь к (3), (7) и (9) для среднедушевого потребления имеем.

(12) $$c(t)=\frac{C(t)}{R(t)}=\frac{Y(t)-J(t)}{R(t)}=\frac{M(t)f(x(t))-a(t)I(t)}{R(t)}=\frac{M(t)f(x(t))-a(t)\beta(t)M(t)}{R(t)}.$$

Преобразовывая (12) с учетом (6), получим

(13) $$c(t)=f(x(t))-a(t)\beta(t)/R(t)/M(t)=f(x(t))-a(t)\beta(t)/x(t).$$

3 Максимизация среднедушевого потребления

Далее, рассмотрим случай

(14) $$a(t)\beta(t)=\gamma=const>0.$$

Из (13) и (14) следует, что

(15) $$c=\frac{f(x)-\gamma}{x}.$$

Максимум выражения (15) достигается при условии

(16) $$\frac{dc}{dx}=\frac{d}{dx}\left[\frac{f(x)-\gamma}{x}\right]=\frac{xf'(x)-f(x)+\gamma}{x^2}=0.$$

Равенство (16) дает уравнение для определения количества производителей на единице мощности x_m для искомого режима максимизации среднедушевого потребления

(17) $$x_m f'(x_m)-f(x_m)+\gamma=0.$$

Дополнительно предполагаем согласование R_0 из (1) и (2) с M_0 при $t=0$: $x_m=R_0/M_0$.

Разделив каждое слагаемое левой части уравнения (17) на $f(x_m)$, имеем

(18) $$\gamma/f(x_m)=1-x_m f'(x_m)/f(x_m).$$

Норму накопления $n=n(t)$ определим как

(19) $$n=n(t)=J(t)/Y(t)$$

Преобразуем теперь (19) используя (4), (5), (7) и (9)

(20) $$n(t)=a(t)I(t)/F(M(t),R(t))=a(t)\beta(t)M(t)/M(t)f(x(t))=\gamma/f(x(t)).$$

И когда в (20) мы вместо x мы подставим x_m мы с учетом (18), получаем

(21) $$n_m=\gamma/f(x(t))=1-x_m f'(x_m)/f(x_m).$$

Норма накопления (21) называется нормой золотого правила роста Солоу [10].

Заключение

Рассмотренная модель экономического роста является более общей, чем в [10] в силу того, что темп прироста занятых работников, количество фондообразующего продукта для создания единицы новой мощности, темп выбытия новой мощности и характерное время наращивания мощности являются непрерывными функциями времени произвольного характера. Рассмотренная задача максимизации среднедушевого потребления решается при наличии (14). При этом не делается предположение эдентичности темпов роста мощности и увеличения числа работников. Рассмотренные вопросы полезны и для других задач оптимального управления [6].

Литература

1. Замулин О.А., Сонин К.И. Экономический рост. 2018 года и уроки для России // Вопросы экономики. 2019. № 1. С. 11–36.

2. Ramsey F.P. A mathematical theory of saving // Economic Journal. Vol. 38. 1928, № 152. – P. 543-559.

3. Solow R. Technical change and aggregate production function // Review of Economics and Statistics. Vol. 39. 1957, № 3. – P. 312-320.

4. Romer P. Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization // American Economic Review. Vol. 77. 1987. – P. 56-62.

5. Nordhaus W. Integrated assessment models of climate change // NBER Reporter. 2017, № 3. P. 16-20.
*6. Колемаев В.А.*Математическая экономика. – М.: ЮНИТИ. 1998. – 240 с.
7. Меерсон А.Ю., Черняев А.П. Варианты постановки задач оптимизации обобщенной полезности потребления в модели Солоу с ограничениями различного рода // Фундаментальные исследования. 2018. №7. Экономические науки. С. 121-125.
8. Петров А.А. Экономика. Модели. Вычислительный эксперимент. – М.: Наука. 1996. – 251 с.
*9. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А.*Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат. 1996. – 544 с.
10. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Наука. Физматлит. 1997. 320 с.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОПЕРАЦИОННОГО ИГРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Шевченко В.В.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова д.40
vsh1953@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются принципы представления процессов логистического взаимодействия в виде операционных игровых процессов. Формулируется концепция поддержки принятия решений логистического характера с использованием операционного игрового сценарного моделирования. Обсуждается возможность разработки универсальной платформы генерации ИАС поддержки принятия решений в логистических коалициях различного характера.

Ключевые слова: теория игр, операционная игра, логистика, коалиция, поддержка принятия решений.

Введение

Понятие логистики, изначально связанное в Древней Греции и Древнем Риме с государственным контролем, затем с процессами обеспечения боевых действий и жизнедеятельности армейских частей, в настоящее время трактуется весьма широко, как совокупность процессов, связанных с перемещением и трансформацией объектов и перемещением субъектов. В связи с чем, в ключе представления экономических процессов в виде операционных процессов, являющихся взаимоувязанными последовательностями операций, можно сказать так. Совокупность операций, реализуемых в социально-экономических взаимодействиях, можно разделить на: обменные (купли-продажи продукции, услуг, труда), производственные, транспортные, инновационно-модернизационные, инвестиционные, кредитные, НИОКР, потребительские, налоговые, здравоохранительные, обучающие, природоохранные, разрушительные, просветительские, демографические (рождение и смертность), реорганизационные (устанавливающие, ликвидирующие, модифицирующие системы договорных отношений). К логистическим взаимодействиям в современной трактовке относятся взаимодействия, в процессе которых проводятся обменные, производственные, транспортные, инвестиционные, кредитные, налоговые, разрушительные, реорганизационные и обучающие операции (не проводятся операции НИОКР, инновационно-модернизационные, потребительские, здравоохранительные, природоохранные и демографические.

В логистических взаимодействиях всегда участвует определённое число агентов (игроков), преследующих свои цели (имеющих свои, в общем случае многокритериальных оценок вектор-функции выигрышей и принципы оптимальности). Эти участники могут действовать индивидуально или формировать коалиции (ЛКК – логистические коалиции компаний). В каждой ЛКК принимается та или иная система взаимных обязательств и правила воздействия на тех, кто принятые обязательства не выполняет.

Последним обобщающим достижением в области моделирования логистических процессов можно считать принятую за основу Международной организацией – Советом по цепям поставок (The Supply-ChainCouncil-SCC) SCOR-модель (Supply-Chain Operations Referencemodel) – «Рекомендуемая модель операций в цепях поставок». SCOR-модель – это референтная модель, предполагающая собственный язык для описания взаимоотношений между участниками цепи поставок, разработанная с целью оценки эффективности ключевых бизнес-процессов SCOR-модели (система метрик), основанная на так называемой «пирамиде из четырех уровней», в основе которой лежит принцип иерархичности: метрики верхнего уровня агрегируют измерения нижних уровней. При всех

достоинствах этой модели следует отметить, что уровень точности и корректности базовых понятий, лежащих в её основе (операция, агент, обязательство, бизнес-процесс), оставляет желать лучшего. В настоящей работе предлагается подход, позволяющий преодолеть указанные недостатки SCOR-модели.

1 Логистические операции и коалиции: операционное игровое описание

Предлагаемый подход основан на использовании для точного описания рассматриваемых взаимодействий обобщающего класса игровых моделей (операционных игр), в рамках которых рассматриваются игровые взаимодействия в виде динамических ансамблей статических игр. В рамках подкласса этого класса моделей, в котором описывается экономическое поведение (дискретное время и непрерывные счета), в полном соответствии с установками основателей математической теории игр [1,2], каждое простейшее одномоментное действие в производственно-экономическом процессе описывается как статическая игра вполне определённого вида. Таких статических игр в каждый момент дискретного времени проводится много, каждый из игроков (участников процесса) принимает участие в некоторых из них. Разрешение возможных конфликтов по требуемым ресурсам между разыгрываемыми статическими играми регламентируются тем или иным правилом, которое может варьироваться. К следующему моменту значения оборотов и сальдо всех рассматриваемых счетов меняется по результатам розыгрыша предыдущего момента и розыгрыш рассматриваемого множества статических игр проводится вновь в новых условиях (в связи с чем операционная игра не является повторяющейся). Конфигурационное пространство игрового процесса определяется значениями оборотов и сальдо рассматриваемых базовых счетов (исходя из многовекового опыта производственно-экономической практики, использующей именно такой способ учёта происходящего). Рассматриваются и аналитические счета, обороты и сальдо которых могут быть произвольными функциями оборотов и сальдо базовых и других аналитических счетов.

В операционном игровом сценарном моделировании [3-7], базирующемся на теории операционных игр, хозяйственные факты (простейшие одномоментные события) получают соответствующее «нормам научной строгости» [1] точное описание в виде статических (одномоментных) игр, в каждой из которых участвует вполне определённое подмножество множества игроков операционной игры, названное «множеством ЛПР (лиц, принимающих решения)» данной операции. Такие статические игры, повторяющиеся (но не всегда) в изменившихся условиях в каждый момент дискретного времени операционной игры и являются «операциями» операционной игры. Наряду с множеством ЛПР такая операция описывается множеством проводок, суммы которых являются заданными функциями вектора управлений операции, и функцией свёртки, определяющей алгоритм выработки (с возможным присутствием неопределённостей) участниками множества ЛПР операции её вектора управлений. При этом понятие проводки обобщается и наряду с классическими проводками (одной и той же суммы по дебету одного и кредиту другого счёта) рассматриваются обобщенные (с несколькими суммами и несколькими счетами) и операторные (меняющие параметры операций) проводки. «Хозяйственные операции» в традиционном бухгалтерском понимании моделируются как последовательности операций операционной игры.

Методология операционного игрового сценарного моделирования была апробирована на решении целого ряда задач прикладного характера [3-7]. В рамках реализации ФЦП «Реформирование и развитие ОПК 2002-2006 годы» эта методология активно использовалась при анализе ожидаемой динамики развития, перспектив и возможностей создаваемых в рамках данной ФЦП ВИС (вертикально-интегрированных структур) в ОПК России при различных вариантах формирования данной ВИС. В рамках формирования Промышленной политики Правительства Москвы в 2007-2009 гг. данный метод был принят за основу в процессе выработки конкретных параметров, определяющих эту Промышленную политику. В процессе разработки Генеральной схемы развития и размещения промышленности Москвы в 2008-2020 годы методология была использована для сценарного прогнозирования динамики основных показателей развития Промышленности Москвы в целом и её отраслей (затем, с переходом с ОКОНХ на ОКВЭД, видов экономической деятельности), ОПК Москвы, его отраслей, научной и производственной составляющих. В процессе реализации СЦ ГАС ГОЗ методология операционного игрового сценарного моделирования легла в основу построения модуля моделирования данного ситуационного центра.

2 Поддержка принятия решений в логистических коалициях

Логистические взаимодействия, являющиеся определённым подмножеством взаимодействий, имеющих место в микро- и макроэкономике, естественным образом формализуются в виде операционных игровых процессов. При этом для моделирования транспортных операций необходимо

ввести в рассмотрение и активно использовать базовые счета, сальдо которых в некоторый момент времени показывает местоположение рассматриваемых объектов и субъектов в этот момент. Местоположение может задаваться как физическими координатами. так и номером в заданном списке возможных местоположений. Обороты по дебету и кредиту для таких счетов, описывающих местоположения, практического значения не имеют.

Деятельность ЛКК (логистической коалиции компаний) предлагается представлять различными способами, отличающимися уровнями агрегирования, в виде динамического процесса изменения в дискретном времени определённого числа переменных, подчиняющегося вполне определённым правилам. На качественном уровне эти правила состоят в том, что деятельность ЛКК является игровым взаимодействием конечного числа игроков с неуправляемыми неопределённостями (природными факторами) и всякое изменение каждой переменной происходит в результате либо операции, проведённой некоторым подмножеством множества игроков, либо действия природных факторов. При этом природа может рассматриваться в виде дополнительного нулевого игрока. То есть деятельность ЛКК является игровым взаимодействием множества игроков $I=(0,1,\ldots,N)$.

Операции рассматриваемых игровых взаимодействий определяются

- подмножеством множества игроков I (включающего природу), проводящим данную операцию;
- вектором управления данной операцией и процедурой взаимодействия игроков операции в процессе выработки значения этого вектора (возможно включающей неопределённые факторы, в этом случае нулевой игрок входит в число игроков операции);
- множеством проводок (изменений состояний переменных), реализуемых в процессе проведения операции, суммы (изменения переменных) которых являются заданными функциями вектора управления операцией.

Области изменения переменных могут быть ограниченными. В этом случае намеченные к проведению в определённый момент времени совокупности операций могут быть не исполнимы в силу того, что их проведение выводит значения переменных за ограничения. В этих случаях должны действовать те или иные установленные в процессе разработки моделей игровых взаимодействий правила разрешения такого рода конфликтов.

Совокупность рассматриваемых переменных (координат конфигурационного пространства) должна включать в себя: денежные и иные финансовые активы игроков; количества присутствующих в рассматриваемом производственно-экономическом взаимодействии движимых и недвижимых материальных объектов, включая объекты природного характера; характеристики материальных объектов, включая их местоположения, принадлежность тому или иному игроку в форме собственности, распоряжения или владения; количественные описания присутствующих в рассматриваемом процессе людских ресурсов, включая их квалификационные, возрастные, гендерные характеристики.

Предлагаемая методология точного позволяет говорить о разработке и реализации универсальной платформы генерации в режиме меню ИАС поддержки принятия решений в процессе широкого круга логистических взаимодействий как отдельными участниками таких взаимодействий, так и различными ЛКК с различными системами внутренних договорённостей. Основой для этого является унификация и точное определение в рамках методологии операционного игрового сценарного моделирования основных понятий (терминов), используемых при описании производственно-экономических взаимодействий вообще и логистических взаимодействий в частности.

Литература

1. *Нейман, Дж., Моргенштерн, О.* Теория игр и экономическое поведение, пер. с англ. – М: Наука, 1970. - 707 с.
2. *Гермейер, Ю.Б.* Игры с непротивоположными интересами. – М: Наука, 1976. - 328 с.
3. *Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.* Задачи управления производственными корпорациями и операционные игры. - М.: ВЦ РАН, 2004. - 42 с.
4. *Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.* Операционные игры. Теория и приложения. - М.: ВЦ РАН, 2013. - 136с.
5. *Ерешко Ф.И., Шевченко, В.В.* Принципы и процедуры операционного игрового сценарного моделирования. Материалы из ВСПУ-2014. М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 5364-5374.
6. *Шевченко В.В.* Операционно-игровой сценарный подход к поддержке принятия решений в высокотехнологичных корпорациях. Computational nanotechnology Научный рецензируемый журнал, №2, 2017. С. 80-84.

7. Chursin A.A., Shevchenko V.V. About the possibilities of operational gaming scenario modeling activities of enterprises and corporations. IEEE Xplore Digital Library. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), Moscow, Russia, 2017.

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТАХ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЁРСТВА

Цвиркун А.Д.[1], Ерешко Ф.И. [2]

[1]*Институт проблем управления им. Трапезникова РАН,*
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
tsvirkun@ipu.ru,

[2] *Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, Россия, г. Москва ул. Вавилова д.40*
fereshko@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается проблема формирования организационных структур государственно -частного партнёрства. Приводится краткое описание законов, регламентирующих деятельность государственных структур (государственных предприятий) и бизнес структур (частных предприятий) в рамках делового партнёрства. Демонстрируется возможности математического описания широкого класса взаимодействий.

Ключевые слова: государственно -частное партнёрство, математические модели, юрисдикция, иерархические модели, согласование интересов, стимулы.

Введение

Термин «государственно-частное партнерство» ГЧП (в английском прочтении Public-Private Partnership, PPP), появился в начале 80-х годов XX века для характеристики особых отношений между государством и частным сектором. Наиболее общее из них дает Всемирный банк: «ГЧП – это соглашения между публичной и частной сторонами по поводу производства и оказания инфраструктурных услуг, заключаемые с целью привлечения дополнительных инвестиций и, что еще более важно, как средство повышения эффективности бюджетного финансирования».

Работа посвящена использованию теоретических конструкций теории принятия решений для анализа перспектив развития партнерства государства и бизнеса в крупной промышленности и инфраструктуре. Авторы рассматривают возможности формального описания концептуальных положений хозяйственного партнерства государства и бизнеса, соответствующих правовым основам ГЧП. Основное внимание уделяется механизмам согласования интересов государства и бизнеса.

Особенность взаимодействий при государственно-частном партнерстве состоит в возможной асимметрии действий и несовпадения интересов, вследствие различных прав на результат деятельности и правового положения государства как основного генератора законов (юрисдикции).

Это обстоятельство предопределяет особенности формального аппарата математического моделирования. В настоящей работе используются аналитические конструкции теории иерархических игр, в которых учитывается асимметрия в принятии решений.

Основные математические соотношения в рамках информационной теории иерархических систем, применимые к проектированию механизмов партнёрства изложены в [1-3].

Здесь излагаются более подробно юридические основания государственно-частного партнерства и приводится один из примеров формализации. За основу формального описания принимается следующая конструкция.

Пусть $П_0$ (центр) стремится к достижению наибольшего значения критерия эффективности $f_0(x,u)$, где выбор центра $u=(u_1,u_2,...u_n)$, $u_i \in U_i$, $u \in U$ $U=U_1 \times U_2 \times \cdots \times U_n$, выборы подсистем $x_i \in X_i$, $x=(x_1,...x_n)$. Подсистемы нижнего уровня иерархии стремятся к увеличению критериев эффективности $f_i(x_i,u_i)$, $i=1,2,...,n$, $x_i \in X_i$ предполагаем их непрерывными на произведении компактов $U, X_1 \times \cdots X_n$.. В работах [2,3] рассмотрены и классифицированы все ситуации информированности центра и показаны, каким образом формируются механизмы централизованного управления подсистемами: *Механизмы 1-го типа (прямые), Механизмы 2-го типа (с обратной связью), Механизмы 3-го типа (с двойной обратной связью).*

Мировая практика ГЧП и Россия

К настоящему времени в мире накоплен значительный опыт реализации проектов ГЧП в различных отраслях, продвинулась и Россия [4]. Многочисленные проекты ГЧП осуществляются в производственной инфраструктуре, государственно-частные партнерства стали проникать в отрасли социальной инфраструктуры и в область государственных и муниципальных услуг. Всего в мире в течение 1990-2000-х гг. было реализовано несколько тысяч крупных проектов ГЧП, тысячи больших и малых, успешных и неудачных концессионных проектов. Спектр объектов, построенных в рамках концессий, в мире чрезвычайно широк: от грандиозного проекта XX в. «Евротуннель» стоимостью 15 млрд. долл. до муниципальных контрактов в области досуга и развлечений стоимостью в несколько тыс. долл. каждый. По оценкам Института Всемирного банка в 1990-2015 гг. в развивающихся странах выполнялось более 6,5 тыс. проектов ГЧП с объемом привлеченных инвестиций 2,4 трлн. долл. Самые капиталоемкие проекты в сферах энергетики (магистральные линии электропередач, трубопроводы) и транспорта (автомобильные и железные дороги, аэропорты, морские и речные порты) осуществляются именно на условиях концессий. Наиболее успешный опыт государственно-частного партнерства, накоплен в Великобритании. Основанием для развития ГЧП послужили реформы Маргарет Тэтчер, проводившиеся в целях улучшения работы и уменьшения государственного аппарата. Суть реформы заключалась в том, что все руководители государственных структур управления получали цели, бюджет и широкие полномочия по его использованию. При этом большинство из них приняли обязательство, неисполнение которых приводило к штрафным санкция. Это известный в иерархических системах механизм поощрения и наказания. Важным компонентом реформ стала программа «Частная финансовая инициатива» (Private Finance Initiative, PFI), к которой принято возводить все современные формы ГЧП. Основная идея этой инициативы – привлечение фирм-исполнителей из частного сектора, которые были бы ответственны за полный жизненный цикл проектов на базе стандартизированных контрактов. Следствием всей этой работы можно назвать снижение численности госслужащих с 750 тыс. в 1976 году до 475 тыс. в 1999-м, наличие более 400 проектов государственно-частных партнерств. Великобритания лидирует и по общему числу проектов, и по числу отраслей, где применяется ГЧП.

Законодательство в России предоставляет широкие возможности для организации ГЧП.

Одним из таких инструментов является Специальный инвестиционный контракт, правовой режим которого прописан в статье 16 Федерального закона Российской Федерации от 31 декабря 2014 г. №488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации». Согласно этому закону Специальный инвестиционный контракт заключается между инвестором и государством. Инвестор обязуется в предусмотренный контрактом срок создать (модернизировать, освоить) производство промышленной продукции на территории, континентальном шельфе или в исключительной экономической зоне страны. Государство в лице федерального и/или региональных правительств берет на себя обязательства по стимулированию деятельности инвестора за счет разнообразных мер, включая финансовые. Режим Специального инвестиционного контракта означает появление в России нового типа отношений между государством и частным сектором в процессе создания новых и модернизации существующих объектов промышленной деятельности, – партнерства, когда посредством контракта объединяются ресурсы двух важнейших субъектов экономики и разделяются между ними предпринимательские риски. Объектом партнерства в данном контракте выступает частная собственность. Закон систематизирует принципы государственной поддержки промышленности, меры стимулирования промышленной деятельности, определяет полномочия государственных органов при реализации ими промышленной политики.

Предметом его регулирования выступают общественные отношения, возникающие между органами государственной власти и субъектами промышленного сектора экономики при осуществлении различных инструментов государственного воздействия на деятельность компаний. В качестве инструментов государственного воздействия на субъекты промышленной деятельности могут быть как меры экономического стимулирования, так и меры государственного регулирования (императивные предписания и запреты). При этом государство может воздействовать на промышленную деятельность как непосредственно через государственные органы, так и опосредованно через организации инфраструктуры поддержки промышленной деятельности.

Правовое оформление государственно-частное партнерство получило в 2015 г. с принятием Федерального закона №224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Закон ввел в правовой и экономический оборот категорию «государственно-частное партнерство».

Государственно-частное партнерство становится важным инструментом модернизации производства и инфраструктуры в России.

Пример модели партнёрства

На языке бизнес операций ГП может или объединиться с организациями ЧП в коалицию и вступить с ними в договорные отношения или осуществить их подчинение. Если собственность отождествляется с пакетами акций, то организация ГЧП может определиться приобретением или обменом долей или пакетов акций, что создаёт расширенный, диверсифицированный портфель предприятия ГЧП.

Модель приобретения ресурсов, игра с правом первого хода

Положим, что ЧП (игрок 1) принимает решение-обратиться к игроку 2 с предложением о продаже ему части ресурсов. Эта ситуация описывается теоретико-игровой моделью с правом первого хода.

Первый шаг осуществляет первый игрок ЧП. Он предлагает цену p на приобретаемый ресурс объёма y. Игрок ГП решает оптимизационную задачу о выборе стратегии в предлагаемых условиях:

$$[(c_2, x_2) + py] \to \max,\ A_2x_2 \le b_2 - y,\ f_2^{opt}(D) = \max_{\substack{x_2 \subset X_2 \\ b_2 \ge y \ge 0}} [(c_2, x_2) + py],\ X_2 = \{x_2 \subset E^+_{n_2} \mid A_2x_2 \le b_2 - y\}$$

где *D* символ общих условий.

В результате игрок ГП формирует оптимальный отклик $y_2^{opt}(p)$.

Игрок ЧП решает задачу о выборе своей стратегии x_1, p с учётом оптимального ответа игрока ГП.

$$[(c_1, x_1) - py_2^{opt}(p)] \to \max,\ A_1x_1 \le b_1 + y_2^{opt}(p),\ f_1^{opt}(D) = \max_{x_1 \subset X_1(p)} [(c_1, x_1) - py_2^{opt}(p)],$$

здесь технологическое множество $X_1(p) = \{x_1 \subset E^+_{n_1} \mid A_1x_1 \le b_1 + y_2^{opt}(p),\}$.

Эффективность операции определится из условия превышения полученных выигрышей игроков с символом *D* над выигрышами до операции об организации ГЧП: $f_1^{opt}(D) > f_1^{opt}$, $f_2^{opt}(D) > f_2^{opt}$.

Замечание 1. Для завершения описания операции необходимо заключить соглашение о выборе конкретных значений $y_2^{opt}(p)$ в случае неединственности оптимального отклика второго игрока. Например, принять условие о его благожелательности.

Замечание 2. Если игрок ЧП формулирует своё предложение с элементами отказа вида

$p(y) = \begin{cases} p_0, если \to y = y_0 \\ 0, если \to y \ne y_0 \end{cases}$, то поиск оптимального значения y_0 сводится к решению задачи

$$[(c_1, x_1) - py] \to \max,\ A_1x_1 \le b_1 + y,\ A_2x_2 \le b_2 - y,\ [(c_2, x_2) + py] \ge f_1^{opt}(D).$$

Авторы полагают, что имеют место большие перспективы применения приведенных организационных схем в инвестиционных проектах, которые, как правило, имеют большой географический масштаб, большое количество активных участников, внутреннюю динамику и разнообразие форм взаимодействия игроков [1-5].

Литература

1. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с.

2. Ерешко Ф.И., Турко Н.И., Цвиркун А.Д., Чурсин А.А., Синтез организационных структур в крупномасштабных проектах цифровой экономики. Автоматика и Телемеханика, № 10, 2018. С.121-142.

3. Ватель И.А., Ерешко Ф.И. Игры с иерархической структурой. //Математическая энциклопедия. т.2. М.: 1979. с.478-482.

4. Варнавский В.Г., Цвиркун А.Д. Управление крупными инфраструктурными системами на основе концессий и проектного финансирования. Стр. 95-115. В монографии «Управление развитием крупномасштабных систем (Современные проблемы. Выпуск 2)» / Под редакцией А.Д. Цвиркуна. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2015. – 473с

5. Механизмы управления: Учебное пособие/Под ред. Д.А. Новикова. М.:ЛЕЛАНД, 2011. – 192 с. (Умное управление).

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЗАИМОРАЗВИТИЯ МАКРО И МИКРОЭКОНОМИКИ

Юркевич Е.В., Крюкова Л.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
yurk@ipu.ru, lkrykova@ipu.ru

С целью гармонизации работы хозяйственного комплекса страны рассмотрен подход к формированию стратегии интенсификации взаиморазвития его макроэкономического и микроэкономического секторов. Предложена функциональная модель работы агентов экономической системы. В качестве инструмента управления развитием производства и производственных отношений использована логистика образования. Предложен механизм формирования людских ресурсов как носителей знаний для конкурентоспособных производств. Показан пилотный эксперимент по введению природосообразных образовательных технологий с обеспечением положений ФГОС и требований работодателя.

Ключевые слова: стратегия гармонизации развития макроэкономического и микроэкономического секторов, хозяйственный комплекс страны, функциональная модель экономической системы, людские ресурсы, логистика образования, природосообразные образовательные технологии, рынок труда, конкурентоспособные носители знаний, положения ФГОС, требования работодателя.

Введение

Одним из важных условий успешности построения цифровой экономики в России является установление макроэкономического равновесия. Традиционный подход к решению задач гармонизации взаиморазвития макроэкономического и микроэкономического секторов управления хозяйственным комплексом [1,2] базируется на нахождении путей минимизации безработицы и инфляции. Использование финансовых критериев предполагает создание ситуации, когда производство продукта равняется спросу на него при заданной цене. Сегодня актуальна задача нахождения условий гармонизации развития экономической системы (ЭС), т. е. формирования пропорциональности между: характеристиками используемых ресурсов и эффектов их применения в условиях перехода хозяйственного комплекса к информационному технологическому укладу.

Согласно [3] искомое макроэкономическое равновесие основывается на стабильном удовлетворении интересов всех агентов ЭС. В данной работе понятие «интерес» агента рассматривается как отображение цели данного агента на характеристику ресурсов, которые требуются для её достижения. В этой связи каждое предприятие предлагается рассматривать как агент человеко-машинной ЭС, для обеспечения устойчивости управления которой требуется реализация стратегии взаиморазвития макроэкономического и микроэкономического секторов.

Важной особенностью рассматриваемой задачи является необходимость учитывать динамику характеристик агентов ЭС. Например, предполагается использовать знания специалистов как интеллектуальные средства, отличающиеся многофункциональностью и возможностью адаптации к изменяющимся условиям.

Гармонизация развития макро и микроэкономического секторов ЭС при воздействии фактора образования специалистов

Обеспечение эффективности экономического роста в условиях смены технологических укладов предполагает использование базы знаний в различных предметных областях. Особенностью такой базы является соединение характеристик работы предприятий (по микроэкономическим критериям) с характеристиками тренда развития региона (страны) (по макроэкономическим критериям).

Следовательно, актуальна задача формирования модели, позволяющей регулировать взаимовлияния макро и микроэкономик как двух секторов ЭС, эволюционирующих в рамках единого пространства.

В формализованной постановке задачу такой гармонизации представим следующим образом: имеется нормированное векторное пространство (X) макроэкономических и микроэкономических характеристик развития хозяйственного комплекса; имеется множество контролируемых параметров (Q), т. е. $Q \subset X$. Пусть на Q определена некоторая функция $f(X)$, характеризующая гармоничность развития параметров систем макро и микроэкономики. Развитие таких систем будем считать гармоничным, если соблюдается равенство эффективности динамики характеристик каждой из них.

Рассмотрим ЭС как систему агентов, взаимодействующих между собой с помощью передачи сообщений с некоторой информацией (I). В качестве информации рассматривается содержание сообщений, полезное для решения конкретной задачи. Сообщения, не помогающие решать

поставленную задачу, будем характеризовать энтропией (H). При использовании вероятностной меры оценки количества информации полная сумма событий определится: $I + H = 1$.

Эффективность информационных взаимодействий между агентами ЭС будем оценивать по количеству сбоев, т.е. искажений в передаваемой информации. В качестве искажения будем рассматривать любое отклонение характеристики работы ЭС от штатного режима, в качестве отказа - прекращение передачи какого-либо сообщения. Таким образом, пусть имеется модель ЭС в виде регрессии: $H_\Sigma = f\ (Z,S,R)$, где: H_Σ – суммарная энтропия во взаимодействии агентов ЭС; Z – множество задач, определяющих вид функции $f(X)$; S – множество факторов, определяющих свойства Q; R – множество ресурсов (r_i, при i= 1,2,…) для информационного взаимодействия агентов ЭС.

В данном случае Z и S рассматриваются как ограничения, а множество допустимых стратегий обеспечения гармоничности развития ЭС ($C=\xi_i(r)$) определяются с помощью оператора W: $R\ Z\ S => C$, где $C=\xi_i(r)$ – множество всех стратегий управления агентами с целью обеспечения гармоничности развития ЭС.

Стратегию обеспечения гармоничности развития ЭС предлагается выбирать в соответствии с критерием в виде оператора V: $Z\ S\ C(r) => Y$, где $y_j \in Y$ – множество оценок вероятности получения ожидаемого результата работы ЭС при воздействии факторов $s_j \in S$ при j = 1,2,… Здесь для описания реакции ЭС на воздействия факторов S, оператор V устанавливает соответствие ресурсов $\{r_i\}$ и задач множества Z, решение которых требуется для обеспечения $\{x^k\}_{k=1}^{\infty} \subset Q$ и $f(x^k) \rightarrow f(x^*)$ при $k \rightarrow \infty$.

В целом, с помощью оператора V определяется критерий формирования требований к принимаемым решениям в стратегии C_j при затратах ресурса r_i. Таким образом, целевую функцию можно записать: $R \rightarrow opt$ при $min\ H_\Sigma = f\ (Z,S,R)$.

В модель включены два сектора, т. е. два агента ЭС. Особенностью работы с этой моделью является то, что каждый из её агентов формирует стратегию своего развития согласно собственному критерию. Ставится задача вести в ЭС третьего агента, для которого функция $h_\Sigma = f(Z,S,R)$ пересекается и с $f_{микро}\ (Z,S,R)$, и с $f_{макро}\ (Z,S,R)$.

Будем полагать, что одним из важных агентов, обладающих такими свойствами являются ресурсы (R). В данном рассмотрении выделим людские ресурсы, т. е. рассмотрим задачу образования специалистов как участников работы человеко-машинной технологии на предприятии. Согласно подходу, рассмотренному в [4], предложим вариант построения развивающейся «логистической цепи образования» как системы «Образовательное учреждение – Специалист – Работодатель». Решение задачи интенсификации формирования таких специалистов (интеллектуальных людских ресурсов) предполагает, что образовательные технологии строятся по критерию максимизации восприятия передаваемых сведений, определяющему информированность выпускника, и направленность его целей (желаний), определяющему становление личности как участника технологий 4.0. Следовательно, при ограничениях Z и S, в соответствии с требованиями рынка труда, конкурентоспособность знаний молодого специалиста будем характеризовать соотношением компетенций, которыми владеет выпускник образовательного учреждения, и знаний работников, требуемых работодателем.

Желая минимизировать расходы на адаптацию новых сотрудников к условиям производства, работодатель покупает на рынке труда знания, используя микроэкономический критерий, т.е. собственную выгоду. Согласно государственной политике технологического развития конкретного региона образовательному учреждению Федеральные (региональные) органы управления предлагают формировать программы подготовки специалистов, обладающих конкретным набором знаний. Следовательно, будем полагать, что образовательные учреждения должны строить свою работу согласно государственному заданию, построенному по макроэкономическому критерию. Особенностью рассматриваемой логистической цепи является то, что будущий специалист формирует стратегию выбора своей специальности по личностному критерию.

Для введения согласованности в поведении агентов логистической цепи образования рассмотрим возможности согласования их интересов. Целью образовательного учреждения является содействие прогрессу развития хозяйственного комплекса страны, целью работодателя – укрепление своего положения на рыке выпускаемой им продукции, а целью учащегося – обеспечение комфортности своего существования, каждому из них на некотором этапе требуются финансовые ресурсы, далее возможен переход к запросам в совершенствовании общественного признания.

В качестве пилотного проекта максимизации целевой функции (5) был проведен эксперимент по целенаправленному введению новых образовательных технологий с обеспечением положений ФГОС и требований работодателя [7]. Максимизацию восприятия передаваемых сведений предлагалось

обеспечивать максимизацией пропускной способности каналов информационной связи с помощью активизации всех сенсорных каналов человека. Включение в работу правого и левого полушарий головного мозга обеспечивало природосообразность подачи и восприятия учебного материала. Существенное внимание уделялось формированию желаний учащихся.

Эксперимент включает в себя два этапа. В данной работе обсуждаются результаты первого этапа – апробации предлагаемых природосообразных технологий на примере организаций общего среднего и среднего профессионального образования. На втором этапе предполагается вводить такие технологии в организации высшего образования и в системы повышения квалификации.

В качестве базы эксперимента был выбран Кузбасс с определенностью технологической направленности предприятий хозяйственного комплекса в регионе. На первом этапе выбрано 3 образовательных организации Кемеровской области: МОУ «Гимназия № 2» г. Мариинска, ГОУ СПО «Горный техникум» г. Анжеро-Судженска, МОУ ДОД «Детский оздоровительно-образовательный спортивный центр «Олимп» г. Анжеро-Судженска».

В процессе реализации проекта выявлены условия появления желаний к обучению. Был принято, что динамика макроэкономических требований различного происхождения во-многом влияет на возникновение потребностей в обучении. В данном эксперименте к важным факторам, определяющим статус выпускников образовательного учреждения на рынке труда отнесены: непрерывность развития учебных планов в соответствии с новыми редакциями ФГОС и рекомендациями органов регионального управления (согласно характеристикам макроэкономического развития региона); формирование знаний учащихся в соответствии с нацеленностью на развитие технологий 4.0 на местных предприятиях; доминирование освоения природосообразных технологий образования в процессе выполнения учебного плана; высокая самомотивация преподавателей и учащихся на развитие методов получения знаний.

Сопоставление результатов выполнения требований руководства региона к квалификации выпускников образовательных учреждений и пожеланий руководства предприятий к перспективным компетенциям молодых специалистов позволило сформулировать теорему о функциональной надежности в реализации технологии образования, объединяющих решение макроэкономических, микроэкономических и личностных задач построения работы ЭС: Если функциональная надежность образовательного учреждения не меньше функциональной надежности работодателя, то при отсутствии помех образовательный процесс всегда можно построить так, что выпускники этого учреждения будут удовлетворять требованиям работодателя без дополнительных переподготовок.

Выводы

Важным результатом проведенного этапа эксперимента является выделение нового подхода к решению задачи формирования макроэкономического равновесия, позволяющего средствами образования разрешать текущие задачи технологического развития, а также создавать нужную ситуацию на рынке труда и управлять ею в активном режиме. В отличии от традиционного подхода, ориентированного на контроль текущей ситуации, реализация предлагаемых механизмов требует постоянной синхронизации в выполнении задач макроэкономического, микроэкономического и личностного построения работы агентов ЭС. Актуальность введения управлений на рынке труда ставит задачу развития организации системы образования и подготовки её руководителей согласно тенденциям построения технологий 4.0.

Литература

1. *Матвеева Т.Ю.* Предмет и методологические принципы макроэкономики / Введение в макроэкономику.– «Издательский дом ГУ–ВШЭ», 2007. –511 с. ISBN 978-5-7598-0611-0.
2. *Авдеенко В.Н.* Производственный потенциал промышленного предприятия / В.Н. Авдеенко, В.А. Котлов. – М.: Экономика, 2015. – 240 с.
3. *Юркевич Е.В.* Методологические особенности обеспечения надежности технологий предоставления услуг коммерческой компанией // Экономические стратегии № 11, 2011. С. 100–109.
4. *Трахтенгерц Э.А., Иванилов Е.Л., Юркевич Е.В.* Современные компьютерные технологии управления информационно-аналитической деятельностью.– М: СИНТЕГ. 2007. – 370 с.
5. *Секерин В.Д.* Логистика. Учебное пособие. – Кнорус, 2016. – 240 с. ISBN: 978-5-406-04339-4.
6. *Юркевич Е.В., Секерин В.Д.* Логистика образования – наука об управлении передачей знаний // Информатизация науки и образования № 4, 2011. – С.192 - 203.
7. *Куликова Н.Г.* Управление качеством здоровья и образования // Открытое образование № 2. 2016. С.11–15, DOI:10.21686/1818-4243-2016-2-11-15.

РАЗРАБОТКА ИНВАРИАНТНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВ

Яндыбаева Н. В.[1], Кушников В. А.[2], Резчиков А. Ф.[3], Иващенко В. А.[4]

[1]*Балаковский филиал «Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», Россия, г. Балаково, ул. Чапаева, д.107*
nat07@inbox.ru,

[2]*Саратовский научный центр РАН, Россия, г. Саратов, ул. Рабочая, д.24*
kushnikoff@yandex.ru,

[3]*Институт проблем управления им. Трапезникова РАН,*
Россия, г. Москва. ул. Профсоюзная, д.65
rezchikov1939@mail.ru, tsvirkun@ipu.ru,

[4]*Институт проблем точной механики и управления РАН,*
Россия, г. Саратов, ул. Рабочая, д.24
iptmuran@san.ru

Аннотация: Представлено описание разработанной на основе системно-динамического подхода математической модели для прогнозирования показателей национальной безопасности государств. Показана модификация модели для прогнозирования показателей национальной безопасности РФ, определенных в Указе Президента РФ от 12 мая 2009 г. № 537 «Стратегия национальной безопасности РФ до 2020 года».

Ключевые слова: математическая модель, системная динамика, показатели национальной безопасности, прогнозирование

Введение

С возникновением этих новых внешних и внутренних угроз национальной безопасности актуальной стала проблема разработки новых математических методов и моделей для оценки состояния и прогнозирования национальной безопасности государств. Созданию концепции устойчивого развития, способствующей укреплению национальной безопасности государств, посвящены работы ученых: К.Я. Кондратьева, В.М. Матросова, В.Г. Горшкова, В.К. Левашова, Н.Н. Моисеева, В.А. Коптюга [1], Г. Г. Малинецкого, С. Ю. Малкова, Alexander L. George, J.-B. Duroselle и др. Из стратегий национальной безопасности разных стран (ООН, БРИКС) были выбраны показатели (моделируемые переменные $X_i(t), i = \overline{1,50}$), характерные для большинства государств: $X_1(t)$ – уровень безработицы (%); $X_2(t)$– децильный коэффициент (%); $X_3(t)$– уровень инфляции (%); $X_4(t)$– уровень государственного внешнего долга (в % от ВВП); $X_5(t)$– уровень государственного внутреннего долга (в % от ВВП); $X_6(t)$– уровень обеспеченности ресурсами здравоохранения (в % от ВВП); $X_7(t)$– уровень обеспеченности ресурсами культуры (в % от ВВП); $X_8(t)$–уровень обеспеченности ресурсами образования и науки (в % от ВВП); $X_9(t)$–численность военных кадров (чел.); $X_{10}(t)$- численность инженерно-технических кадров (чел.); $X_{11}(t)$-удовлетворенность граждан степенью защищенности своих конституционных прав и свобод, личных и имущественных интересов, в том числе от преступных посягательств (экспертная оценка); $X_{12}(t)$- доля современных образцов вооружения в Вооруженных Силах страны и пр. Допустим, что все переменные рассматриваются в количественной шкале и при проведении расчетов используются их нормированные значения: $X_i^*(t) = X_i(t) / X_i^н, i = \overline{1,50}$, где $X_i(t)$-текущее значение переменной, записанное в численной шкале, $X_i^н$ - нормировочный коэффициент. В качестве нормировочного коэффициента могут выступать пороговые значения моделируемых переменных (Локосов В. В., Глазьев С. Ю. [2]) или значения переменных в определенный период времени (например, в 2000 г.).

Постановка задачи математического моделирования, таким образом, имеет вид: необходимо разработать инвариантную математическую модель для моделирования и прогнозирования основных показателей национальной безопасности государств.

Для разработки математической модели используется модель системной динамики [3]. Из решения системы нелинейных, неоднородных, разнотемповых, нестационарных дифференциальных уравнений получаем значения моделируемых переменных $X_i(t), i = \overline{1,50}$ [4]. Для этого необходимо: определить внешние факторы, $VF_i(t), i = \overline{1,w}$, влияющие на переменные $X_i(t)\ i = \overline{1,50}$; задать граф H_{SSi} причинно-следственных связей между переменными $X_i(t)\ i = \overline{1,50}$ и внешними факторами $VF_i(t)$,

$i=\overline{1,w}$; сформировать матрицу инцидентности графа H_{SSi} и записать уравнения системной динамики; задать функциональные зависимости $f_1(X_1), f_2(X_2) \ldots f_k(X_k)$ в уравнениях [5].

На основе корреляционного анализа и анализа взаимосвязанных временных рядов были выбраны внешние факторы $VF_i(t), i=\overline{1,68}$, воздействующие на моделируемые переменные $X_i(t)\, i=\overline{1,50}$: $VF_1(t)$– валовой внутренний продукт (руб.), далее после единицы измерения для каждого внешнего фактора для удобства расчетов приводится условное обозначение, например, для ВВП - $V(t)$; $VF_2(t)$- уровень роста потребительских цен (%), $I(t)$; $VF_3(t)$- численность экономически активного населения (чел.), $D(t)$; $VF_4(t)$ -налоги (руб.), $T(t)$; $VF_5(t)$- предложение трудовых ресурсов (чел.), $W(t)$; $VF_6(t)$– численность населения (чел.), $P(t)$; $VF_7(t)$- среднедушевой доход населения (руб.), $Pm(t)$; $VF_8(t)$– фонд рабочего времени (чел.-дн.), $F(t)$; $VF_9(t)$– численность безработных (чел.),$Ub(t)$; $VF_{10}(t)$– объем миграции, $M(t)$; $VF_{11}(t)$– средняя заработная плата (руб.), $E(t)$; $VF_{12}(t)$– среднедушевые доходы населения (руб.), $Sc(t)$ и др. В расчетах применяются нормированные значения внешних факторов: $VF_i^*(t)=VF_i(t)/VF_i^н, i=\overline{1,68}$; где $VF_i(t)$-текущее значение переменной в численной шкале, $VF_i^н$ - нормировочный коэффициент [7]. При разработке математической модели для расчета показателей национальной безопасности для конкретной страны в дифференциальные уравнения вводятся структурные бинарные коэффициенты $k_i, i=1,50$:

$$k_i=\begin{cases}1, \text{если } X_i \text{ имеется в стратегии данной страны;}\\ 0, \text{если } X_i \text{ отсутствует в стратегии данной страны;}\end{cases}$$

Граф H_{SSi} причинно-следственных взаимосвязей между моделируемыми переменными $X_i(t)\, i=\overline{1,50}$ и внешними факторами $VF_i(t), i=\overline{1,68}$, формируется с использованием системно-динамического подхода и теории причинно-следственных комплексов. В силу сложности и большого размера данного графа для исследования произведем декомпозицию графа на подграфы $H_{Si,}\ i=\overline{1,50}$, на основе которых формируются нелинейные, неоднородные, разнотемповые, нестационарные дифференциальные уравнения. Матрица инцидентности графа H_{SSi} является матрицей $A(|X_i(t)+VF_i(t)|\times|E|)$ размером 50х65 по числу переменных $X_i(t)\, i=\overline{1,50}$ и внешних факторов $VF_i(t)$, $i=\overline{1,68}$. Значения элементов матрицы определяются: $\forall i\le 118, \forall j\le 118; a_{ij}=+1$, если рост значения переменной $X_i(t)\, i=\overline{1,50}$ или внешнего фактора $VF_i(t), i=\overline{1,68}$ способствует увеличению переменной $X_j(t)\, i=\overline{1,50}$ или внешнего фактора $VF_j(t), i=\overline{1,68}$. $\forall i\le 118, \forall j\le 118; a_{ij}=-1$, если рост значения переменной $X_i(t)\, i=\overline{1,50}$ или внешнего фактора $VF_i(t), i=\overline{1,68}$ способствует уменьшению переменной $X_j(t)\, i=\overline{1,50}$ или внешнего фактора $VF_j(t), i=\overline{1,68}$.

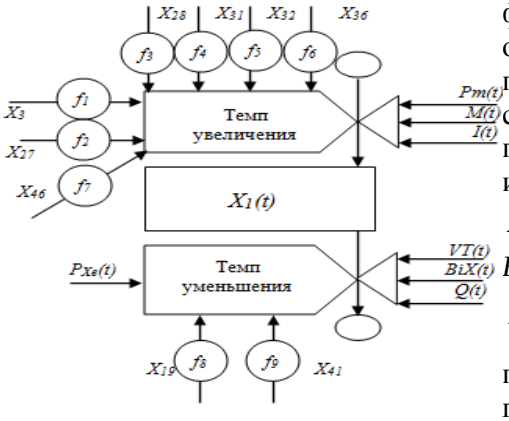


Рис. 1. Орграф для переменной $X_1(t)$

В случае отсутствия связи между переменными и факторами a_{ij}=0. Для разработки математической модели определить причинно-следственные связи между переменными и внешними факторами можно двумя способами: с помощью ориентированного графа причинно-следственных связей и с помощью матрицы инциденций. При использовании матрицы инциденций $A(|X_i(t)+VF_i(t)|\times|E|)$ графа причинно-следственных связей H_{SSi} для каждой строки составляются уравнения вида: $\frac{dX_i(t)}{dt}=f_i(\overline{X},\overline{VF},t), i=\overline{1,50}$. Запишем для каждой переменной $X_i(t)$дифференциальное уравнение. Орграф H_{S1} графа причинно-следственных связей H_{SSI} для переменной $X_1(t)$ приведен на рис. 1.

Первая строка матрицы $A(|X_i(t)+VF_i(t)|\times|E|)$ графа причинно-следственных связей H_{SSI}, определяющая первое дифференциальное уравнение математической модели приведена в табл.1.

Значения элементов матрицы определены в соответствии с мнением экспертов о релевантности причинно-следственных связей, характерных для моделируемой переменной. Для переменной X_1(t):

$$(1)\quad \frac{dX_1(t)}{dt} = \frac{1}{X_1^*}\cdot k_1\cdot((I(t)+Pm(t)+M(t))\cdot f_1(X_3)\cdot f_2(X_{27})\cdot f_3(X_{28})\cdot f_4(X_{31})\cdot f_5(X_{32})\cdot \times f_6(X_{36})\cdot f_7(X_{46})-(Bis(t)+VT(t)+P_{se}(t)+Q(t))\cdot f_8(X_{19})\cdot f_9(X_{41}));$$

Таблица 1. Строка матрицы графа H_{si}, характеризующая причинно-следственные связи в X_1

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
X_1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}	X_{20}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{16}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	X_{29}
X_1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	X_{30}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}	X_{38}	X_{39}	X_{40}	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}
X_1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0
	X_{45}	X_{46}	X_{30}	X_{47}	X_{48}	X_{49}	X_{50}	V	I	D	T	W	P	Pm	F
X_1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	M	E	Sc	Bis	Z	Ex	Im	Sh	VT	Bd	Bg	In	H	Mn	Tch
X_1	1	0	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
	Sr	Ai	Fs	SO	Fn	K	Me	Q	Pr	Scl	Fin	De	Pl	P_{se}	Sh_{pr}
X_1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
	PZ	VZ	Ze	SN	UR	ShP	VP	FA	DA	FN	NT	ES	UV	HS	Ug
X_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ZW	PS	PR	CR	KR	S	IR	ZB	ShB	SB	ZO	-	-	-	-
X_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-

Разработанная модель для прогнозирования национальной безопасности имеет вид:

$$(2)\quad \begin{cases} \frac{dX_1(t)}{dt} = \frac{1}{X_1^*}\cdot k_1\cdot(I(t)+Pm(t)+M(t))\cdot f_1(X_3)\cdot f_2(X_{27})\cdot f_3(X_{28})\cdot f_4(X_{31})\cdot f_5(X_{32})\cdot f_6(X_{36})\cdot f_7(X_{46})- \\ -(Bis(t)+VT(t)+P_{se}(t)+Q(t))\cdot f_8(X_{19})\cdot f_9(X_{41}); \\ \frac{dX_2(t)}{dt} = \frac{1}{X_2^*}\cdot k_2\cdot(Sc(t)+SB(t)+KR(t)+M(t))\cdot f_{10}(X_{19})\cdot f_{11}(X_{28})\cdot f_{12}(X_{49})-(I(t)+U(t))\cdot f_{13}(X_1)\cdot f_{14}(X_3); \\ \frac{dX_3(t)}{dt} = \frac{1}{X_3^*}k_3\cdot(M(t)+Bd(t)+De(t)+U(t))\cdot f_{15}(X_{19})\cdot f_{16}(X_{28})\cdot f_{17}(X_{49})- \\ -(T(t)+Bis(t)+Bg(t)+Ex(t)+\mathrm{Im}(t))\cdot f_{18}(X_4)\cdot f_{19}(X_5); \\ \frac{dX_4(t)}{dt} = \frac{1}{X_4^*}\cdot k_4\cdot(Bd(t)+V(t)+M(t)+I(t)+U(t)+Ex(t)+\mathrm{Im}(t))\cdot f_{20}(X_{19})\cdot f_{21}(X_{30})\cdot f_{22}(X_{31})\cdot f_{23}(X_{32})\times \\ \times f_{24}(X_{33})\cdot f_{25}(X_{44})\cdot f_{26}(X_{46})-(Bg(t)+In(t)+T(t)+Bis(t))\cdot f_{27}(X_1)\cdot f_{28}(X_3); \\ \vdots \\ \frac{dX_{47}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{47}^*}\cdot k_{47}\cdot(ZO(t)+VZ(t)+Sr(t))\cdot f_{306}(X_{29})\cdot f_{307}(X_{36})-(Ze(t)+V(t)+T(t))\cdot f_{308}(X_{15}); \\ \frac{dX_{48}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{48}^*}\cdot k_{48}\cdot(I(t)+U(t)+M(t)+Bd(t)+Sh_{pr}(t)+PS(t)+PR(t)+CR(t)+KP(t))\cdot f_{309}(X_1)\cdot f_{310}(X_3)\cdot f_{311}(X_{16})\cdot f_{312}(X_{18})\cdot \\ \times f_{313}(X_{19})\cdot f_{314}(X_{20})\cdot f_{315}(X_{28})\cdot f_{316}(X_{38})\cdot f_{317}(X_{40})-(Pl(t)+P_{se}(t)+ShP(t)+Ug(t))\cdot f_{318}(X_{11})\cdot f_{319}(X_{14}); \\ \frac{dX_{49}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{49}^*}\cdot k_{49}\cdot(IR(t)+VZ(t)+V(t))\cdot f_{320}(X_{23})\cdot f_{321}(X_{36})-(Fs(t)+Ze(t))\cdot f_{322}(X_8); \\ \frac{dX_{50}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{50}^*}\cdot k_{50}\cdot(Sh_{pr}(t)+SB(t)+PS(t)+PR(t)+CR(t))\cdot f_{323}(X_{16})\cdot f_{324}(X_{26})\cdot f_{325}(X_{31})\cdot f_{326}(X_{32})\cdot f_{327}(X_{33})\times \\ \times f_{328}(X_{37})\cdot f_{329}(X_{40})-(ZO(t)+ShP(t)+Ug(t))\cdot f_{340}(X_{29})\cdot f_{341}(X_{30}); \end{cases}$$

При введении в разработанную модель (2) бинарных значений структурных коэффициентов k_i формируется математическая модель для определения прогнозных значений национальной безопасности любой страны.

Литература

1.Коптюг В.А., Матросов В.М., Левашов В.К. и др. Подходы к разработке национальной стратегии устойчивого развития России. – М.: Изд-во «Академия», 2001. – 409 с.

2.Глазьев С.Ю. Белая книга. Экономические реформы в России 1991-2001гг. / С.Ю. Глазьев, С.Г. Кара-Мурза, В.А. Батчиков. М.: Изд-во «Эксмо», 2004. - 384 с.

3.Бродский Ю. И. Лекции по математическому и имитационному моделированию. - М.: -Берлин: Директ-Медиа, 2015.-240 с.

4.Яндыбаева Н. В. Математическая модель и алгоритм для прогнозирования показателей национальной безопасности РФ//Естественные и технические науки. 2018. №3(117). с.141-144.
5.Резчиков А. Ф., Яндыбаева Н. В., Кушников В. А., Иващенко В. А., Богомолов А. С., Филимонюк Л. Ю. Информационно-советующая система для моделирования и прогнозирования динамики показателей национальной безопасности на основе причинно-следственных комплексов и уравнений Форрестера //Информационные технологии.-2018.-№1.том 24.-с.33-40.

СЕКЦИЯ 5: НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СИСТЕМАМИ

СРАВНЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ С ПРОГНОЗИРУЮЩИМИ МОДЕЛЯМИ С РЕГУЛЯТОРОМ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ[53]

Белинская Ю.С., Макаров Д.А.

Институт системного анализа ФИЦ ИУ РАН, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Московский физико-технический институт просп. 60-летия Октября, д. 9
belinskaya.us@gmail.com, makarov@isa.ru

Аннотация: Рассматривается задача терминального управления для простого двигателя. Предполагается, что предварительно решена задача построения траектории. Далее решается задача следования по пути. Сравниваются подход, основанный на управлении с прогнозирующими моделями (MPC) и непрерывный регулятор. Результаты численных экспериментов показывают преимущество непрерывного регулятора.

Ключевые слова: дифференциально-плоские системы, model predictive control, задача терминального управления, численные эксперименты.

Введение

В связи с развитием компонентной базы и программного обеспечения все большее распространение получают автономные беспилотные транспортные средства (ТС) [1, 2]. Особенно актуальным является управление перемещением большой группой таких агентов [2, 3] в условиях наличия ограничений. Например, необходимо учитывать максимальные допустимые скорости и ускорения ТС, присутствие как статических (стены домов и коридоров, деревья), так и динамических (другие движущиеся агенты и предметы) препятствий. Наличие ограничений и нелинейность модели объекта управления затрудняют прямое применение методов оптимального нелинейного управления.

Для решения этой задачи обычно используют следующий подход [4 – 6]. Вначале с помощью интеллектуального планирования без учета динамики ТС относительно быстро ищется допустимая траектория перемещения объекта управления. Затем строится управление, реализующее найденную планируемую траекторию с учетом динамики модели.

В настоящей работе на примере задачи реализации ряда желаемых траекторий сравнивается эффективность подхода из [7, 8], основанного на свойстве дифференциальной плоскостности системы, и управления с прогнозирующими моделями (Model Predictive Control - MPC), которое получает все большее распространение в области автономных ТС (см., например, [4, 5, 9, 10]).

Достоинством первого подхода является его вычислительная эффективность и простота реализации. К недостаткам можно отнести требование плоскостности модели объекта управления, а также отсутствие явно задаваемого критерия оптимальности. Управление на базе MPC, напротив, позволяет задать критерий в явном виде, работает с более широким классом моделей, но может потребовать значительное количество вычислительных ресурсов.

В настоящей работе с помощью численных экспериментов сравнивается эффективность двух подходов для решения задач навигации в условиях внешних возмущений и без них. Желаемые траектории считаются известными. Они были взяты из работы [6].

Отметим, что подход из [7, 8] позволяет получить непрерывное управление, тогда как MPC подход – дискретное. Здесь мы предполагаем, что для решения задачи управления непрерывной моделью ТС может быть применено как непрерывное, так и дискретное управление.

1 Постановка задачи и построение регуляторов

В данной работе предполагается, что планируемая (желаемая) траектория $tr_{0.x}$ уже построена планировщиком из [7] и учитывает все статические и динамические препятствия. Таким образом, задача заключается в построение управления, которое обеспечивает следование по заданной

[53] *Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-37-20032 и 17-07-00281)*

траектории. Для этого мы предполагаем, что система является дифференциально-плоской, т.е. она эквивалентна системе вида

(1) $$\ddot{x} = u(x,t), \quad x(0) = x^0,$$

где $\ddot{x} = d^2x/dt^2$ — вторая производная по времени, x^0 — начальное состояние, $u(x,t) \in \square$ — управление. Ограничения на скорость и ускорение заданы следующим образом:

(2) $$|\dot{x}(t)| \le v_{\max} > 0, \quad |\ddot{x}(t)| \le a_{\max} > 0, \quad \forall t \ge 0.$$

Также считаем, что $x^0 = tr_{0,x}(0)$. Далее ищем допустимое управление $u(x,t)$, обеспечивающее асимптотическую устойчивость (1) вокруг желаемой траектории $x^*(t)$ с учетом ограничений (2).

Для решения поставленной задачи используем два подхода: основанный на MPC и на свойстве дифференциальной плоскостности системы.

Первый подход широко известен и описан в [11]. Его главная идея заключается в построении управления, минимизирующего критерий

(3) $$J = \sum_{i=0}^{p-1} \left(\left(\boldsymbol{e}(k+i)\right)' Q\boldsymbol{e}(k+i) + \left(\boldsymbol{u}(k+i)\right)' R\boldsymbol{u}(k+i) \right) \to \min_u,$$

где p — горизонт предсказания, $\boldsymbol{e}(k+i) = \boldsymbol{r}(k+i) - \boldsymbol{x}(k+i)$; где $\boldsymbol{r}(k+i)$ и $\boldsymbol{x}(k+i)$ — значение референсной и действительной траектории на i-том шаге предсказания, $\boldsymbol{u}(k+i)$ - значение управляющего воздействия на этом шаге, Q и R - квадратные неотрицательно-определенные матрицы весов.

Далее опишем построение регулятора, основанного на дифференциальной плоскостности. При построении траектории предполагалось, что разгон до требуемой скорости осуществляется мгновенно, однако это невозможно в силу ограничений (2). Поэтому движение по пространственной координате осуществляется в три этапа: разгон с максимальным ускорением, равномерное движение с постоянной скоростью, полная остановка. Пусть $x_f \ne x_0$, где x_f и x_0 — координата окончания и начала данного этапа траектории. Если условие

(4) $$D_x = (t_f - t_0)^2 a_{\max}^2 - 4(x_f - x_0)a_{\max} \ge 0,$$

выполнено, где t_f и t_0 — время окончания и начала данного этапа траектории $tr_{0,x}$, вычисляем скорость равномерного движения следующим образом:

(5) $$v_x = \begin{cases} \frac{1}{2}((t_f - t_0)a_{\max} - \sqrt{D_x}), x_f > x_0, \\ \frac{1}{2}((t_f - t_0)a_{\max} + \sqrt{D_x}), x_f < x_0. \end{cases}$$

Если условие (4) не выполнено, предполагаем, что $v_x = v_{\max}$. Закон движения $x_r(t)$ на этапе ускорения ищем в пространстве полиномов, таких, что

(6) $$x_r(t_0) = x_0, \quad \dot{x}_r(t_0) = 0, \quad \dot{x}_r(t_0 + t_r) = v_x,$$

где $t_r = v_x / a_{\max}$ — время этапа ускорения. Закон равномерного движения мы определяем следующим образом: $x_s(t) = v_x(t - t_0 - t_r) + x(t_0 + t_r)$. Закон движения $x_d(t)$ на этапе торможения ищем в пространстве многочленов третьего порядка при выполнении условий:

(7) $$x_d(t_f - t_r) = x_s(t_f - t_r), \quad \dot{x}_d(t_f - t_r) = v_x, \quad x_d(t_f) = x_f, \quad \dot{x}_d(t_f) = 0.$$

Желаемую траекторию с учетом кинематических ограничений определяем как кусочно-линейную функцию, составленную из полиномов $x_r(t)$, $x_s(t)$, $x_d(t)$. Если же $x_0 = x_f$, предполагаем, что $x^*(t) \equiv x_0$. Используем обратную связь по состоянию следующего вида:

(8) $$u(x,t) = (\lambda_1 + \lambda_2)(\dot{x}(t) - \dot{x}^*(t)) - \lambda_1\lambda_2(x(t) - x^*(t)),$$

где λ_1 и λ_2 — корни характеристического полинома дифференциального уравнения на переменную $e = x(t) - x^*(t)$.

2 Результаты численных экспериментов

Для проведения численных экспериментов были взяты 10 путей, построенных на этапе планирования. Далее для каждого пути провели сравнение численного значения критерия (3) для траектории и управления, построенного по каждому из методов. Кроме того, были проведены численные эксперименты и вычислен критерий (3) при наличии случайного шума при управлении. Шум считался непрерывным, распределенным по стандартному нормальному закону. Результаты расчета критерия в обоих случаях отражены в табл. 1.

Таблица 1. Значение критерия для разных регуляторов.

Номер пути	При отсутствии шума		При наличии шума	
	MPC регулятор	Непрерывный регулятор	MPC регулятор	Непрерывный регулятор
1	64.30	7.42	100.71	8.39
2	82.86	53.48	125.14	55.87
3	70.90	23.71	66.83	24.91
4	18.29	19.14	43.23	20.32
5	61.27	32.40	69.91	32.49
6	35.98	19.54	56.74	19.96
7	59.78	35.33	71.90	35.90
8	60.82	9.63	78.56	10.44
9	42.58	28.95	51.26	29.25
10	48.30	30.09	70.32	30.42

3 Заключение и дальнейшие работы

Результаты численных экспериментов показывают высокую эффективность обоих методов для поставленной задачи управления, но непрерывный регулятор демонстрирует лучшую производительность по критерию в большинстве случаев как при отсутствии шума, так и при его наличии. Кроме того, он более эффективен с вычислительной точки зрения. Таким образом, использование непрерывного регулятора кажется более предпочтительным для управления беспилотными ТС, чем MPC. Заметим, что несмотря на меньший расход управления для непрерывного регулятора, этот тип регулятора характеризуется б**о**льшим по модулю управляющим сигналом и более частым переключением управления, что может привести к сложностям при его использовании в практических случаях.

В дальнейшем мы планируем сравнить вычислительную эффективность обоих подходов и реализовать плоскостный подход для дискретных систем.

Литература

1. Cai G., Dias J., Seneviratne L. A survey of small-scale unmanned aerial vehicles: Recent advances and future development trends //Unmanned Systems. 2014. Vol. 2 (2). Pp. 175-199.

2. Das B., Subudhi B., Pati B. B. Cooperative formation control of autonomous underwater vehicles: An overview //International Journal of Automation and computing. 2016. Vol. 13(3). Pp. 199-225.

3. Rao S., Ghose D. Sliding mode control-based autopilots for leaderless consensus of unmanned aerial vehicles //IEEE transactions on control systems technology. 2013. Vol. 22(5). Pp. 1964-1972.

4. Nieuwenhuisen M., Behnke S. 3D planning and trajectory optimization for real-time generation of smooth MAV trajectories // Mobile Robots (ECMR). 2015 European Conference on. IEEE. 2015. Pp. 1-7.

5. Nieuwenhuisen M., Behnke S. Local multiresolution trajectory optimization for micro aerial vehicles employing continuous curvature transitions // Intelligent Robots and Systems (IROS), 2016 IEEE/RSJ International Conference on. IEEE. 2016. Pp. 3219-3224.

6. Yakovlev K., Andreychuk A, Belinskaya J. and Makarov D. Combining Safe Interval Path Planning and Constrained Path Following Control: Preliminary Results // Proceeding of the 4th International Conference on interactive collaborative robotics (ICR 2019), Istanbul, Turkey, August 20-25, 2019 (в печати).

7. Белинская Ю.С., Четвериков В.Н.: Управление четырехвинтовым вертолетом. Наука и образование (МГТУ им. Н.Э. Баумана, электр. журн.) 5, 157-171, 2012.

8. Chetverikov, V.N.: Flatness of dynamically linearizable systems. Differential equations. 40, 12, 1747-1756 (2004).

9. Ganga G., Dharmana M. M. MPC controller for trajectory tracking control of quadcopter //2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT). IEEE, 2017. Pp. 1-6.

10. Chao Z. et al. Collision-free UAV formation flight control based on nonlinear MPC //2011 international conference on electronics, communications and control (ICECC). IEEE, 2011. Pp. 1951-1956.

11. Grüne L., Pannek J. Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Algorithms. New York: Springer, 2016. 463 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ НЕФТИ И БИТУМА ПО ТЕХНОЛОГИИ ПАРОГРАВИТАЦИОННОГО

Боронин И.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
boronin@ipu.ru,

Самохин А.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
Московский государственный технический университет инженеров гражданской авиации, г. Москва, Кронштадтский б-р, 20
samohinalexey@gmail.com

Аннотация: В работе рассматривается разработка месторождений сверхтяжелых нефти и битума по технологии парогравитационного дренажа (ПГД или SAGD – steam assisted gravity drainage). Сложность контроля параметров паровой камеры (давление и температура вдоль скважины) затрудняет управление процессом добычи. Для принятия решений необходимо иметь представление об эволюции паровой камеры, величине притока нефти в добывающую скважину, о запасах сырья, извлекаемых этим методом и т.д. Представлена математическая модель ПГД, учитывающая трехфазность процесса и его нестационарность.

Ключевые слова: асимптотики, интегрируемость, трехфазная фильтрация.

Введение

Метод ПГД предполагает использование двух горизонтальных скважин, расположенных одна над другой. Верхняя скважина используется для нагнетания пара и создания в пласте высокотемпературной паровой камеры, на внутренней поверхности которой пар конденсируется и вместе с разогретой нефтью стекает к нижней трубе добывающей скважины.

Термодинамически равновесный поток пара, нефти и воды описывается уравнениями сохранения импульса для каждой из фаз, дополненными тремя уравнениями сохранения массы и уравнением сохранения энергии. Модель учитывает теплообмен, изменение массы фаз за счет фазового перехода. Массовые стоки определяются в результате моделирования процессов тепло- и массопереноса в двумерных поперечных (по отношению к трубе) срезах пласта.

1 Моделирование трехфазного процесса в паровой камере

Рассмотрим двумерную динамику пара, нефти и воды в пористой среде. Эти компоненты будем называть фазами. Пусть $x = (x, y, z)$ — декартовы координаты (x – горизонтальная поперёк трубы, y - вдоль трубы, z – вертикальная) и t — время.

Система дифференциальных уравнений, описывающая фильтрацию, составлена из законов сохранения для массы, импульса и энергии (см. [3]).

Уравнения сохранения массы для расслоенного режима потока жидких и газовой фаз имеют следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(m\rho_i s_i\right) + div(\rho_i U_i) = \mu_i$$

где ρ_i, s_i, U_i — плотность, насыщенность и скорость i-ой фазы соответственно, m — пористость, т.е. доля объёма пор в общем объёме пористой среды. Насыщенность s_i — это безразмерная величина, показывающая какую часть занимает i-ая фаза в единице объема пор ($0 < s_i < 1$); $\mu_1 = -\mu_2$ – изменение массы фаз воды и пара за счет фазового перехода; $\mu_3 = 0$ для нефти.

Законы сохранения импульса сводятся в данной ситуации к закону Дарси для каждой фазы:

$$U_i = -\frac{k}{\gamma_i} f_i(s_i)(\nabla p_i - g\rho_i \nabla z)$$

где $f_i(s_i)$ — относительная фазовая проницаемость i-ой фазы (безразмерная величина), $0 < f_i(s_i) < 1$, p_i — парциальное давление i-ой фазы, ∇p_i — градиент парциального давления, k — коэффициент проницаемости пористой среды, γ_i и s_i — вязкость и насыщенность i-ой фазы соответственно; g – константа тяготения. Заметим, что $s_1 + s_2 + s_3 = 1$.

Рассматривается однотемпературная модель. Предполагается, что все фазы и пористая среда имеют одинаковую температуру, диссипация энергии отсутствует. Это влечет мгновенную передачу тепла и закон сохранения энергии может быть записан в виде уравнения переноса тепла:

$$\frac{\partial}{\partial t}(C\theta) + div(\theta \sum_i \rho_i c_i U_i) = 0,$$

где $\theta = \theta(t, x)$ — отклонение температуры от равновесного состояния,

$$C = (1-m)c_0\rho_0 + mc_1\rho_1 s_1 + mc_2\rho_2 s_2 + mc_3\rho_3 s_3,$$

c_0, c_1, c_2, c_3 — удельные теплоёмкости пористой среды, первой, второй и третьей фаз соответственно, которые считаем постоянными, ρ_0 — плотность пористой среды.

Считая, что коэффициент пористости зависит от температуры и координат точки паровой камеры: $m = m(x, \theta)$, а вязкости фаз и плотности пористой среды и фаз зависят от температуры: $\mu_1 = \mu_1(\theta)$, $\gamma_i = \gamma_i(\theta)$, $\rho_j = \rho_j(\theta)$, где $i = 1, 2, 3$; $j = 0, 1, 2, 3$. Пренебрегая капиллярными силами, учитывая тот факт, что в технологии ПГД давление поддерживается постоянным и полагая $\gamma_i = \gamma_{i0} e^{-\alpha_i \theta}$, получим:

$$U_i = kg\gamma_{i0}^{-1} e^{\alpha_i \theta} f_i(s_i)\rho_i \nabla z.$$

В качестве уравнения состояние используется уравнение Редлиха – Квонга, потому что является самой удачной эмпирической модификацией ранее известных уравнений состояния.

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{\sqrt{T}V(V+b)}$$

Положим $s_3 = 1 - s_1 - s_2$. Таким образом, неизвестными функциями в задаче являются $s_i(t, x, z)$, где $i = 1, 2, 3$,$\theta(t, x, z)$ и ρ_1.

2 Задача управления и начально-граничные условия

В технологии ПГД используются две горизонтальные скважины расположенные друг над другом. По верхней скважине подаётся пар постоянного давления, нижняя скважина служит для отбора нефте-водяной смеси, которая стекает вниз под действием силы тяжести. Таким образом, в задаче два управляющих параметра, это температура подаваемого пара для верхней трубы и скорость отбора нефте-водяной смеси для нижней трубы.

Если $P = (x_0, z_0)$ - расположение в верхней трубы, то

$$s_1\big|_P = 1,\ s_2\big|_P = s_3\big|_P = 0,\ \theta\big|_P = u(t)\delta(P).$$

Если $Q = (x_0, z_1)$ - расположение нижней трубы, то

$$s_1\big|_Q = 0,\ \frac{\partial}{\partial t}(s_2 + s_3)\Big|_P = v(t)\delta(Q).$$

Где $u(t)$ и $v(t)$ – управляющие параметры.

Трёхмерная по пространству задача, решается как набор двумерных задач для дискретного набора $y_1, y_2, \ldots, y_n$ а затем интерполируется.

Литература

1. *A.V. Akhmetzyanov, A.G. Kushner, V.V. Lychagin.* Mass and heat transport in the two-phase Buckley–Leverett Model, Journal of Geometry and Physics, Vol. 113 (2017) – P. 2–9.
2. *A.V. Akhmetzianov, A.G. Kushner, V.V. Lychagin.* Long-time asymptotics for the Buckley-Leverett models of development of oil and gas fields // Application of Information and Communication Technologies – AICT2017. Moscow, Russia, 20–22 Sept. 2017. Conf. Proc., – P. 505-507.
3. *G.I. Barenblatt, V.M. Entov, V.M Ryzhik.* Theory of Fluid Flows Through Natural Rocks. Kluwer, 396 pp., 2010.

ПОСТРОЕНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СЛАБОСВЯЗАННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА SDRE[54]

Даник Ю.Э., Дмитриев М.Г.

Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук, Россия, г. Москва, просп. 60-летия Октября, д.9

danik@isa.ru, mdmitriev@mail.ru

Аннотация: Для нелинейных дискретных слабосвязанных систем большой размерности строится стабилизирующий регулятор на основе приближенного решения уравнения Риккати с зависящими от состояния коэффициентами. Система рассматривается как регулярно возмущенная с параметром в правой части, что позволяет строить асимптотическое разложение решения уравнения Риккати по малому параметру. Полученное разложение в ряде случаев можно улучшить путем построения Паде аппроксимации.

Ключевые слова: подход SDRE, нелинейные дискретные слабосвязанные системы, разложение по параметру, Паде аппроксимация, декомпозиция.

Введение

Рассматривается нелинейная дискретная слабосвязанная система управления [1]

$$(1)\qquad x(t+1)=A(x,\varepsilon)x+B(x,\varepsilon)u,\ x(0)=x_0,\ I(u)=\sum_{t=0}^{\infty}x^TQ(x,\varepsilon)x+u^TRu\to\inf_u,$$

где $x=\begin{pmatrix}x_1\\x_2\end{pmatrix}=\in X,\ x_1\in R^n,\ x_2\in R^m,\ u=\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}\in R^r, u_1\in R^{r_1}, u_2\in R^{r_2},\ r_1+r_2=r,\ t=0,1,2,\ldots,$

$0<\varepsilon\leq\varepsilon_0$ R 1

$$A(x,\varepsilon)=\begin{bmatrix}A_1(x_1) & \varepsilon A_2(x_2)\\ \varepsilon A_3(x_1) & A_4(x_2)\end{bmatrix},\ B(x,\varepsilon)=\begin{bmatrix}B_1(x_1) & \varepsilon B_2(x_2)\\ \varepsilon B_3(x_1) & B_4(x_2)\end{bmatrix},Q(x,\varepsilon)=\begin{bmatrix}Q_1(x_1,\varepsilon) & \varepsilon Q_2(x_1,x_2,\varepsilon)\\ \varepsilon Q_2^{\ T}(x_1,x_2,\varepsilon) & Q_3(x_2,\varepsilon)\end{bmatrix}\geq 0,$$

$$Q_1(x_1,\varepsilon)=Q_{10}+\varepsilon Q_{11}(x_1)+\varepsilon^2Q_{12}(x_1),\ \ Q_2(x_1,x_2,\varepsilon)=Q_{20}+\varepsilon Q_{21}(x_1,x_2),$$

$$Q_3(x_2,\varepsilon)=Q_{30}+\varepsilon Q_{31}(x_2)+\varepsilon^2Q_{32}(x_2),$$

$$R=\begin{bmatrix}R_1 & 0\\ 0 & R_2\end{bmatrix}>0.$$

Здесь может быть построен стабилизирующий регулятор основанный на решении уравнения Риккати с зависящими от состояния коэффициентами (SDRE) с помощью асимптотических разложений по ε и построения одноточечных Паде аппроксимаций, действующих в более широкой области изменения параметра, чем асимптотика по малому параметру. Здесь впервые строится Паде аппроксимация для решения уравнения Риккати в дискретном случае. Согласно подходу SDRE субоптимальное управление в этой задаче будем искать в виде

$$(2)\qquad u(x,\varepsilon)=-\left[R+B(x,\varepsilon)^TP(x,\varepsilon)B(x,\varepsilon)\right]^{-1}B(x,\varepsilon)^TP(x,\varepsilon)A(x,\varepsilon)x,$$

где $P(x,\varepsilon)$ – положительно определенное решение соответствующего уравнения Риккати

$$(3)\qquad A^T(x,\varepsilon)PA(x,\varepsilon)-P-A^T(x,\mu)PB(x,\varepsilon)\tilde{R}(x,\varepsilon)^{-1}B^T(x,\varepsilon)PA(x,\varepsilon)+Q(x,\varepsilon)=0,$$

где $\tilde{R}(x,\varepsilon)=(R+B^T(x,\varepsilon)PB(x,\varepsilon))$. Решение уравнения (3) будем искать в форме

$$(4)\qquad \tilde{P}_2(x,\varepsilon)=\begin{bmatrix}P_1(x_1,x_2,\varepsilon) & \varepsilon P_2(x_1,x_2,\varepsilon)\\ \varepsilon P_2^{\ T}(x_1,x_2,\varepsilon) & P_3(x_1,x_2,\varepsilon)\end{bmatrix}=\tilde{P}_0(x_1,x_2)+\varepsilon\tilde{P}_1(x_1,x_2)+\varepsilon^2\tilde{P}_2(x_1,x_2),$$

где $P_1(x,\varepsilon)=P_{10}(x_1)+\varepsilon P_{11}(x)+\varepsilon^2P_{12}(x), P_2(x,\varepsilon)=P_{20}(x)+\varepsilon P_{21}(x),$

$P_3(x,\varepsilon)=P_{30}(x_2)+\varepsilon P_{31}(x)+\varepsilon^2P_{32}(x).$

[54] *Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 17-07-00281-а).*

1 Построение асимптотического разложения решения уравнения Риккати

Подставляя (4) в (3) и собирая члены при одинаковых степенях параметра ε, получаем систему для определения неизвестных матриц:

$P_{10}(x_1), P_{11}(x_1,x_2), P_{12}(x_1,x_2), P_{20}(x_1,x_2), \quad P_{21}(x_1,x_2), P_{30}(x_2), P_{31}(x_1,x_2), P_{32}(x_1,x_2).$

При $\varepsilon = 0$ происходит декомпозиция системы (1), она распадается на две независимые подсистемы. Соответствующие уравнения Риккати для первой и второй подсистемы имеют вид

$$A_1^T(x_1)P_{10}(x_1)A_1(x_1) - P_{10}(x_1) - A_1^T(x_1)P_{10}(x_1)B_1(x_1)(R_1 + B_1^T(x_1)P_{10}(x_1)B_1(x_1))^{-1} \times$$
$$\times B_1^T(x_1)P_{10}(x_1)A_1(x_1) + Q_{10} = 0,$$
$$A_4^T(x_2)P_{30}(x_2)A_4(x_2) - P_{30}(x_2) - A_4^T(x_2)P_{30}(x_2)B_4(x_2)(R_2 + B_4^T(x_2)P_{30}(x_2)B_4(x_2))^{-1} \times$$
$$\times B_4^T(x_2)P_{30}(x_2)A_4(x_2) + Q_{30} = 0.$$

Соответствующие SDRE управления для подсистем представляются следующим образом

$$u_1(x_1) = -(R_1 + B_1^T(x_1)P_{10}(x_1)B_1(x_1))^{-1}B_1^T(x_1)P_{10}(x_1)A_1(x_1)x_1,$$

$$u_2(x_2) = -(R_2 + B_4^T(x_2)P_{30}(x_2)B_4(x_2))^{-1}B_4^T(x_2)P_{30}(x_2)A_4(x_2)x_2.$$

Найденные матрицы $P_{10}(x_1), P_{30}(x_2)$ формируют нулевое приближение к решению уравнения Риккати (3), а именно $P_0(x_1,x_2)$. В первом приближении получаем для матриц $P_{11}(x_1,x_2), P_{31}(x_1,x_2)$ – дискретные уравнения Ляпунова

$$A_{cl,1}^T(x_1)P_{11}(x_1,x_2)A_{cl,1}(x_1) - P_{11}(x_1,x_2) + Q_{11}(x_1) = 0,$$
$$A_{cl,2}^T(x_2)P_{31}(x_1,x_2)A_{cl,2}(x_2) - P_{31}(x_1,x_2) + Q_{31}(x_2) = 0,$$
$$A_{cl,1}(x_1) = A_1(x_1) - B_1(x_1)(R_1 + B_1^T(x_1)P_{10}(x_1)B_1(x_1))^{-1}B_1^T(x_1)P_{10}(x_1)A_1(x_1),$$

где

$$A_{cl,2}(x_2) = A_4(x_2) - B_4(x_2)(R_2 + B_4^T(x_2)P_{30}(x_2)B_4(x_2))^{-1}B_4^T(x_2)P_{30}(x_2)A_4(x_2).$$

Для $P_{12}(x_1,x_2), P_{32}(x_1,x_2)$ также получаем дискретные уравнения Ляпунова.

$$A_{cl,1}^T(x_1)P_{12}(x_1,x_2)A_{cl,1}(x_1) - P_{12}(x_1,x_2) + C_{12}(x_1,x_2) = 0,$$
(5)
$$A_{cl,1}^T(x_1)P_{32}(x_1,x_2)A_{cl,1}(x_1) - P_{32}(x_1,x_2) + C_{32}(x_1,x_2) = 0.$$

Матрицы $C_{12}(x_1,x_2), C_{32}(x_1,x_2)$ в (5) содержат известные матрицы и уже найденные члены разложения. Для связывающей подсистемы при ε и ε^2 получаем дискретные уравнения Сильвестра

$$A_{cl,1}^T(x_1)P_{20}(x)A_{cl,2}(x_2) - P_{20}(x) + C_{20}(x) = 0,\ A_{cl,1}^T(x_1)P_{21}(x)A_{cl,2}(x_2) - P_{21}(x) + C_{21}(x) = 0.$$

2 Одноточечная Паде аппроксимация

Построим для решения уравнения (3) матричную Паде аппроксимацию [2] порядка *[1/2]* на основе асимптотического разложения уравнения Риккати по малому параметру (4) в виде

(6) $K_{[1/2]}(x,\varepsilon) = \left(PA_{[1/2]}(x,\varepsilon) + PA^T_{[1/2]}(x,\varepsilon)\right)/2$,

где $PA_{[1/2]}(x,\varepsilon) = \left(M_0(x) + \varepsilon M_1(x)\right)\left(E + \varepsilon N_1(x) + \varepsilon^2 N_2(x)\right)^{-1}$ и E – единичная матрица. Неизвестные коэффициенты Паде аппроксимации $M_0(x), M_1(x), N_1(x), N_2(x)$ находятся из системы уравнений $PA_{[1/2]}(x,\varepsilon) = \tilde{P}_2(x,\varepsilon)$, которая представлена в виде

(7)
$$\begin{pmatrix} E & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E & -\tilde{P}_0(x) & 0 \\ 0 & 0 & -\tilde{P}_1(x) & -\tilde{P}_0(x) \\ 0 & 0 & \tilde{P}_2(x) & \tilde{P}_1(x) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_0(x) \\ M_1(x) \\ N_1(x) \\ N_2(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{P}_0(x) \\ \tilde{P}_1(x) \\ \tilde{P}_2(x) \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Имеет место

Теорема. Пусть для всех $x \in X$, $\varepsilon > 0$ матрицы $\tilde{P}_0(x), \tilde{P}_1(x), \tilde{P}_2(x)$ существуют и система уравнений (7) для матриц $M_0(x), M_1(x), N_1(x), N_2(x)$ имеет единственное решение, матрица $E + \varepsilon N_1(x) + \varepsilon^2 N_2(x)$ невырожденная и действительные части собственных значений матрицы $PA_{[1/2]}(x,\varepsilon)$ являются положительными при $\forall x \in X$, $\varepsilon > 0$, тогда одноточечная матричная Паде аппроксимация $K_{[1/2]}(x,\varepsilon)$ (6) порядка [1/2] для решения уравнения (3) существует и при этом является положительно определенной при всех $x \in X$, $\varepsilon > 0$.

Получаем следующий параметрический набор регуляторов $u(x,\varepsilon) = -\left[R + B(x,\varepsilon)^T K_{[1/2]}(x,\varepsilon) B(x,\varepsilon)\right]^{-1} B(x,\varepsilon)^T K_{[1/2]}(x,\varepsilon) A(x,\varepsilon) x$ для системы (1).

Рассмотрим следующий пример

$$A_1(x_1) = \begin{bmatrix} 1.1 & 0.5 + 0.1\cos(x_{11}) \\ 0.2 & 1 \end{bmatrix}, A_2(x_2) = \begin{bmatrix} 1.2 & 0 \\ 0.3 + 0.1\cos(x_{21}) & 1 \end{bmatrix}, A_3(x_1) = \begin{bmatrix} 1.01 & 0 \\ 0.2 + 0.05\sin(x_{12}) & 1 \end{bmatrix},$$

$$A_4(x_2) = \begin{bmatrix} 1 & 0.2 \\ 0.3 + 0.2\cos(x_{22}) & 1.2 \end{bmatrix}, B_1(x_1) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 + 0.01x_{12} \end{bmatrix}^T, B_2(x_2) = \begin{bmatrix} 0.6 + 0.01x_{21} & 0.7 \end{bmatrix}^T,$$

$$B_3(x_1) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 + 0.01x_{11} \end{bmatrix}^T, B_4(x_2) = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.3 + 0.01x_{22} \end{bmatrix}^T, Q_{10} = \begin{bmatrix} 1400 & 10 \\ 10 & 1400 \end{bmatrix}, Q_{20} = \begin{bmatrix} 800 & 10 \\ 10 & 800 \end{bmatrix},$$

$$Q_{30} = \begin{bmatrix} 1600 & 10 \\ 10 & 1400 \end{bmatrix}, Q_{11}(x_1) = \begin{bmatrix} 1200 + 0.01x_{11}^2 & 0 \\ 0 & 1200 + 0.01x_{12}^2 \end{bmatrix}, Q_{12}(x_1) = \begin{bmatrix} 450 + 0.01x_{11}^2 & 0 \\ 0 & 750 + 0.01x_{12}^2 \end{bmatrix},$$

$$Q_{21}(x_1, x_2) = \begin{bmatrix} 100 & 0 \\ 0 & 100 \end{bmatrix}, Q_{31}(x_2) = \begin{bmatrix} 1200 + 0.01x_{21}^2 & 0 \\ 0 & 1200 + 0.01x_{22}^2 \end{bmatrix},$$

$$Q_{32}(x_2) = \begin{bmatrix} 450 + 0.01x_{21}^2 & 0 \\ 0 & 750 + 0.01x_{22}^2 \end{bmatrix}, R_1 = 1, R_2 = 1, \; x_0 = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}^T.$$

На Рис. 1. показано, что Паде аппроксимация $K_{[1/2]}(x,\varepsilon)$ может быть использована в качестве матрицы коэффициентов усиления в более широкой области изменения ε по сравнению с асимптотикой решения уравнения Риккати.

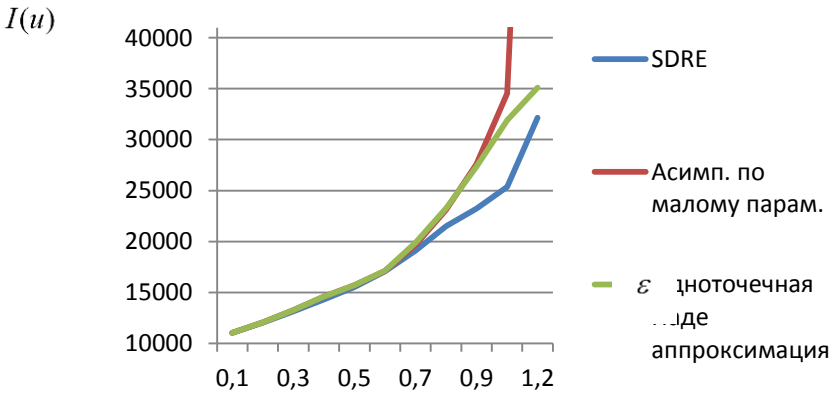


Рис. 1. Сравнение алгоритмов управления по значению критерия при $\varepsilon > 0$

Литература

1. Даник Ю.Э., Дмитриев М.Г., Макаров Д.А. Построение стабилизирующих регуляторов в нелинейных непрерывных системах большой размерности на основе асимптотики решений матричных алгебраических уравнений Риккати // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): материалы Одиннадцатой междунар. конфер., 1 - 3 окт. 2018 г. – М.: ИПУ РАН, 2018. – 498 с. – С. 351-353.

2. Danik Yu.E., Dmitriev M.G. Construction of Parametric Regulators for Nonlinear Control Systems Based on the Pade Approximations of the Matrix Riccati Equation Solution // IFAC-PapersOnLine. Vol. 51. 2018, Issue 32. – P. 815-820.

УСТОЧИВОСТЬ ОДНОЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ОГРАНИЧЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ[55]

Каменецкий В.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва , ул. Профсоюзная д.65
vlakam@ipu.ru

Аннотация: Рассматривается задача устойчивости одного класса следящих систем. Показывается, что следящим системам этого класса можно поставить в соответствие линейные системы с переключениями, устойчивость которых эквивалентна устойчивости исходных следящих систем. Это позволяет исследовать устойчивость следящих систем методами, разработанными для систем с переключениями.

Ключевые слова: матричные неравенства, квадратичные функции Ляпунова, системы с переключениями, устойчивость.

Введение

Вопросы устойчивости и стабилизации следящих систем привлекают внимание исследователей в течении длительного времени [1-4]. Целью настоящей работы является сведение задачи об абсолютной устойчивости одного класса следящих систем, рассмотренных в [1,2], к задаче устойчивости линейных систем с переключениями при произвольных законах переключения между системами. Системы с переключениями являются специальным классом гибридных систем. Теория таких систем активно развивается в последнее время. Переход к задаче устойчивости систем с переключениями позволяет использовать для исследования устойчивости следящих систем методы, разработанные для систем с переключениями, в частности, метод функций Ляпунова. При использовании простейших функций Ляпунова – квадратичных – задача сводится к вопросу о существовании общей квадратичной функции Ляпунова (ОКФЛ). Для решения этого вопроса можно использовать как методы численного решения линейных матричных неравенств, так и предложенные в [5] частотные условия существования ОКФЛ.

1 Постановка задачи

В [1,2] рассматривается задача абсолютной устойчивости систем, описывающих работу следящего электропривода. В [1] рассматриваются системы второго порядка, а в [2] – системы третьего порядка. Здесь рассмотрим общие уравнения из этих публикаций, не ограничивая порядок системы, т.е. для $x \in R^n$, в результате будем исследовать систему

$$\begin{aligned} &\dot{x} = Ax + bf(\sigma_1, t), \\ &\sigma_1 = \langle c, x\rangle + \varphi(\sigma_2, t),\ \sigma_2 = \langle d, x\rangle,\ f(0,t) \equiv 0,\ \varphi(0,t) \equiv 0, \end{aligned} \tag{1}$$

где $A \in R^{n\times n}$, $c, d \in R^n$ – постоянные матрица и векторы. Функции $f(\sigma_1, t)$ и $\varphi(\sigma_2, t)$ непрерывны по σ_1 и σ_2 соответственно, измеримы по t и подчинены ограничениям

$$0 \le f(\sigma_1, t)\sigma_1 \le k_1\sigma_1^2,\ 0 \le \varphi(\sigma_2, t)\sigma_2 \le k_2\sigma_2^2. \tag{2}$$

Абсолютная устойчивость системы (1) в классе нелинейностей (2) означает, что при любом выборе функций f и φ, удовлетворяющих (2), система (1) будет асимптотически устойчива в целом.

2 Переход к системе с переключениями

Абсолютная устойчивость системы (1) в классе нелинейных характеристик (2) эквивалентна абсолютной устойчивости линейной нестационарной системы

$$\begin{aligned} &\dot{x} = Ax + bu_1(t)\sigma_1, \\ &\sigma_1 = \langle c, x\rangle + u_2(t)\sigma_2,\ \sigma_2 = \langle d, x\rangle, \end{aligned} \tag{3}$$

в классе измеримых функций $u_1(t)$ и $u_2(t)$ при ограничениях $u_i(t) \in [0, k_i]$. Отбросим аргумент у функций $u_i(t)$ и перепишем систему (3) в виде

$$\dot{x} = Ax + bu_1(\langle c, x\rangle + u_2\langle d, x\rangle) = (A + u_1bc^T + u_1u_2bd^T)x,$$

[55] *Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН "Актуальные проблемы робототехники" (Проект № I.29)*

где $\{\cdot\}^T$ – операция транспонирования. Введем обозначение $u_3 = u_1u_2$, тогда $u_3 \in [0,\ k_2u_1]$. Очевидно, для множества матриц $A + u_1bc^T + u_1u_2bd^T$ выполнено соотношение

$$\bigcup_{u_1\in[0,k_1];u_3\in[0,k_2u_1]} \{A + u_1bc^T + u_3bd^T\} = \operatorname{conv}\{A_1, A_2, A_3\},$$

где матрицы A_s определены соотношениями

(4) $A_1 = A,\ A_2 = A + k_1bc^T,\ A_3 = A + k_1bc^T + k_1k_2bd^T.$

Показывается, что множество решений системы (3) совпадает с множеством решений дифференциального включения

(5) $\dot{x} \in F(x),\ F(x) = \{y : y = Ax,\ A \in \operatorname{conv}\overline{A}\},$

в котором $\overline{A} = \{A_1, A_2, A_3\}$ с матрицами A_s из (4). Устойчивость включения (5), в свою очередь, эквивалентна устойчивости системы с переключениями

(6) $\dot{x} = A(t)x,\ A(t) \in \overline{A},$

с тем же множеством $\overline{A}$ и матрицами A_s, здесь $A(t) : R_+ \to \overline{A}$ – произвольное кусочно-постоянное отображение.

Использование квадратичных функций Ляпунова $v(x) = x^TLx,\ L = L^T = \|l_{ij}\|_{i,j=1}^n$, для исследования устойчивости включения (5) и системы с переключениями (6) сводится к вопросу о разрешимости системы линейных матричных неравенств

(7) $A_s^TL + LA_s < 0,\ s = \overline{1,3}\,,$

относительно матрицы L. Матричное неравенство $W < 0$ (> 0), для матрицы $W = W^T$ означает, что квадратичная форма x^TWx является отрицательно (положительно) определенной, т. е. $x^TWx < 0$ (> 0) при $x \neq 0$. Таким образом, из разрешимости системы неравенств (7) следует устойчивость исходной следящей системы (1). Можно решать вопрос разрешимости системы неравенств (7) численно, используя готовые программы, например, в среде MATLAB, а можно аналитически, используя предложенные в [5] частотные условия.

Из вида матриц A_s из (4) следует, что система (7), в которой матрицы A_s определены соотношением (4), является связной линейной системой с переключениями треугольного типа [5], и для исследования ее устойчивости, а следовательно, и для исследования устойчивости системы (1), применим весь арсенал средств, предложенных в [5]. В [5] приводятся частотный критерий разрешимости систем вида (7) (теорема 2), необходимое (теорема 3) и достаточное (теорема 4) частотные условия разрешимости таких систем. Формулировка критерия потребует слишком много места, поэтому ограничимся формулировками необходимого и достаточного частотных условий разрешимости системы (7) с учетом специфики системы (1).

Введем обозначения $W_c(i\omega) = c^T\Delta(i\omega)b,\quad W_d(i\omega) = d^T\Delta(i\omega)b,\quad \Delta(i\omega) = (A - i\omega E_n)^{-1}$, где E^n – единичная $n \times n$ матрица. В этих обозначениях модификацию теоремы 3[5] для случая системы (1) дает следующая

Теорема 1. Пусть система (6), задаваемая матрицами $\{A_1, A_2, A_3\}$ из (4) имеет ОКФЛ (система (7) разрешима), тогда при всех $\omega \in [-\infty, \infty]$ выполняются следующие частотные неравенства:

$$1 + k_1\operatorname{Re}W_c(i\omega) > 0,\quad 1 + k_1\operatorname{Re}W_c(i\omega) + k_1k_2\operatorname{Re}W_d(i\omega) > 0,$$
$$\big(1 + k_1\operatorname{Re}W_c(i\omega)\big)\big(1 + k_1\operatorname{Re}W_c(i\omega) + k_1k_2\operatorname{Re}W_d(i\omega)\big) +$$
$$+ k_1^2\operatorname{Im}W_c(i\omega)\operatorname{Im}\big(W_c(i\omega) + k_2W_d(i\omega)\big) > 0.$$

Специфика использования -процедуры и частотной теоремы для системы (1) состоит в следующем. Неравенство на производную квадратичной функции Ляпунова в силу (1) имеет вид

$$x^T(A^TL + LA)x + 2f\langle Lb, x\rangle < 0.$$

Это неравенство должно выполняться при всех $(x, f, \varphi) \neq 0$, удовлетворяющих (2), которые эквивалентны неравенствам

$$f(k_1\sigma_1 - f) = f(k_1\langle c, x\rangle + k_1\varphi - f) \geq 0,\quad \varphi(k_2\sigma_2 - \varphi) = \varphi(k_2\langle d, x\rangle - \varphi) \geq 0.$$

В соответствии с приемом -процедуры составим квадратичную форму ($\tau_1 > 0, \tau_2 > 0$)

(8) $x^T(A^TL + LA)x + f(x^TLb + b^TLx) + \tau_1 f(k_1\langle c, x\rangle + k_1\varphi - f) + \tau_2\varphi(k_2\langle d, x\rangle - \varphi) < 0.$

Из частотной теоремы следует условие разрешимости матричного неравенства, соответствующего форме (8), которое дает достаточное условие существования ОКФЛ для системы (6).

Теорема 2. Пусть матрица A гурвицева и существует число $\delta > k_1/2$ ($\delta = \sqrt{\tau_2/\tau_1}$), такое что при всех $\omega \in [-\infty, \infty]$ выполняется условие положительной определенности эрмитовой формы

$$D(i\omega) = \begin{pmatrix} 1 + k_1 \mathrm{Re}\, W_c(i\omega) & -k_1/2\delta + (k_2\delta/2)\overline{W_d}(i\omega) \\ -k_1/2\delta + (k_2\delta/2)W_d(i\omega) & 1 \end{pmatrix} > 0, \quad \omega \in [-\infty, \infty].$$

Тогда система (6), задаваемая матрицами $\{A_1, A_2, A_3\}$ из (4), имеет ОКФЛ (система (7) разрешима, системы (6) и (1) устойчивы).

Заключение

Методы исследования устойчивости следящих систем, предлагаемые в [1,2], сводятся к следующему. Множество возмущений системы загрубляется, говоря условно, вместо треугольника берется содержащий его прямоугольник. Для такой системы устанавливаются необходимые и достаточные условия устойчивости, которые служат достаточными условиями устойчивости исходной системы. С другой стороны, множество возмущений сужается, вместо треугольника берется только сторона этого треугольника. Условия устойчивости такой системы являются необходимыми условиями устойчивости исходной системы. Методы [1,2] применимы только для систем второго и третьего порядков. В настоящей работе множество возмущений описывается точно, но загрубляется критерий устойчивости – наличие ОКФЛ является лишь достаточным условием устойчивости систем с переключениями. С другой стороны, как численные методы, так и частотные условия предлагаемые в работе, можно использовать для систем произвольного порядка. Разумеется, увеличение порядка усложняет задачу, но не является столь критическим, как в методах [1,2].

Литература

1. *Либерзон М.Р.* Абсолютная устойчивость одного класса следящих систем // Автоматика и телемеханика. 1979, № 12. – С.25-28.
2. *Либерзон М.Р.* Об абсолютной устойчивости систем третьего порядка с двумя нелинейными элементами // Вестник МГУ (матем., мех). 1980. № 3. – С.88-91.
3. *Porter B., Grujic Lj.T.* Continuous-time tracking systems incorporating Lur'e plants with multiple non-linearities // Int. J. Syst. Sci. Vol. 11. 1980, № 7. – P.827-840.
4. *Ахобадзе А. Г., Краснова С. А.* Задача слежения в линейных многомерных системах при наличии внешних возмущений // Автоматика и телемеханика. 2009, № 6. – С.21-47.
5. *Каменецкий В.А.* О Частотные условия устойчивости гибридных систем // Автоматика и телемеханика. 2017, № 12. – С.3-25.

СИНТЕЗ ПОДСИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Кокунько Ю.Г., Краснов Д.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
juliakokunko@gmail.com, dim93kr@mail.ru

Аннотация: В рамках синтеза системы слежения для беспилотного летательного аппарата (БПЛА) при действии внешних неконтролируемых возмущений и неполных измерениях вектора состояния разработана структура подсистемы наблюдения, которая включает два наблюдателя состояния. Первый наблюдатель дает оценки скоростей по измерениям координат центра масс БПЛА. Второй наблюдатель по измерениям ошибок слежения дает оценки смешанных переменных (функций от переменных состояния, внешних воздействий и их производных), по которым формируется обратная связь.

Ключевые слова: БПЛА, слежение, наблюдатель состояний и возмущений, кусочно-линейные функции

Введение

Разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с автоматическим управлением является перспективным направлением военной и гражданской авиации. В работах, посвященных синтезу систем автоматического управления летательными аппаратами, как правило, в законе управления

используется весь вектор состояния, подлежащий прямым измерениям, а модель объекта расширяется за счет ввода автономных динамических моделей, имитирующих действие внешних возмущений [1–3]. В данной работе в рамках блочного подхода [4–6] решается задача синтеза обратной связи, обеспечивающей движение центра масс БПЛА по заданной пространственной траектории при действии внешних, неконтролируемых возмущений. Для реализации базового закона управления разработана двухконтурная подсистема наблюдателей состояния, дающих текущие оценки внутренних и внешних неизмеряемых сигналов без использования их динамических моделей.

1 Базовый закон управления

Рассматривается движение центра масс БПЛА в виде пространственного движения материальной точки в траекторной системе координат [7]:

$$(1)\quad \begin{array}{l} \dot L = V\cos\vartheta\cos\psi,\ \dot H = V\sin\vartheta,\ \dot Z = -V\cos\vartheta\sin\psi; \\ \dot V = (u_1 - \sin\vartheta)g + \eta_1(t),\ \dot\vartheta = \dfrac{(u_2 - \cos\vartheta)g}{V} + \eta_2(t),\ \dot\psi = -\dfrac{gu_3}{V\cos\vartheta} + \eta_3(t), \end{array}$$

где L – продольная дальность, H – высота, Z – боковое смещение, V – путевая скорость, ϑ – угол наклона траектории, ψ – угол курса; $g = 9{,}8$ [м/с^2] – ускорение свободного падения; $u_1 = n_x$, $u_2 = n_y\cos\gamma$, $u_3 = n_y\sin\gamma$ – управляющие воздействия, выраженные через продольную n_x и поперечную n_y перегрузки, а также угол крена γ вектора перегрузки, $|\gamma| < \pi$; $\eta = (\eta_1,\eta_2,\eta_3)^T$ – вектор внешних неконтролируемых возмущений, $|\eta_i(t)| \le N_i$, $|\dot\eta_i(t)| \le \overline{N}_i, t \ge 0, i = \overline{1,3}$.

Введем обозначения $y_{11} = L$, $y_{12} = H$, $y_{13} = Z$ и, учитывая, что в режиме полета $V(t) > 0$, $|\vartheta(t)| < \pi/2$, $|\psi(t)| < \pi$, выполним диффеоморфную замену локальных координат

$$(2)\quad y_{21} = V\cos\vartheta\cos\psi,\ y_{22} = V\sin\vartheta,\ y_{23} = -V\cos\vartheta\sin\psi.$$

В силу (2) система (1) представима в каноническом виде:

$$(3)\quad \dot y_1 = y_2,\ \dot y_2 = fg + C(V,\vartheta,\psi)\eta(t) + B(\vartheta,\psi)u,\ f = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix},\ B = g\begin{pmatrix} \cos\vartheta\cos\psi & -\sin\vartheta\cos\psi & \sin\psi \\ \sin\vartheta & \cos\vartheta & 0 \\ -\cos\vartheta\sin\psi & \sin\vartheta\sin\psi & \cos\psi \end{pmatrix},$$

$$\det B \equiv g^3 \ne 0,\ C = \begin{pmatrix} \cos\vartheta\cos\psi & -V\sin\vartheta\cos\psi & -V\cos\vartheta\sin\psi \\ \sin\vartheta & V\cos\vartheta & 0 \\ -\cos\vartheta\sin\psi & V\sin\vartheta\sin\psi & -V\cos\vartheta\cos\psi \end{pmatrix}.$$

Сформируем закон управления в форме комбинированной обратной связи, обеспечивающий вывод центра масс БПЛА на пространственную траекторию и его движение вдоль нее, заданной параметрически в системе координат $y_1(t) = \mathrm{col}(y_{11}, y_{12}, y_{13})$ в виде $y_{1d}(t) = \mathrm{col}(y_{11d}, y_{12d}, y_{13d})$, $\left|y_{1id}^{(j)}(t)\right| \le Y_{ji}$ $\forall t \ge 0, i = \overline{1,3}, j = \overline{1,3}$, учтя для переменных системы (3) проектные ограничения:

$$(4)\quad |y_{1i}(t)| \le Y_{1i},\ |y_{2i}(t)| \le Y_{2i},\ |\dot y_{2i}(t)| \le \overline{Y}_{2i},\ |u_i(t)| \le U_i,\ t \ge 0,\ i = \overline{1,3}.$$

Другими словами, требуется обеспечить стабилизацию ошибок слежения $e_1 = y_1 - y_{1d}$. Для синтеза системы слежения используем блочный подход [4–6]:

$$(5)\quad e_2 = y_2 - \dot y_{1d} + K_1 e_1,\ e_3 = C(V,\vartheta,\psi)\eta(t) - \ddot y_{1d},\ e_j = \mathrm{col}(e_{j1}, e_{j2}, e_{j3}),\ j = \overline{1,3}$$

и представим систему (3) в виде блочной формы вход–выход относительно ошибок слежения:

$$(6)\quad \dot e_1 = -K_1 e_1 + e_2, \dot e_2 = K_1(-K_1 e_1 + e_2) + fg + e_3 + B(\vartheta,\psi)u,$$

где $K_j = \mathrm{diag}(k_{ji}), k_{ji} > 0, j = 1,2, i = \overline{1,3}$, а переменные e_3 (5) трактуются как внешние согласованные возмущения. В терминах системы (6) сформируем базовый закон комбинированного управления

$$(7)\quad u = -B^{-1}(\vartheta,\psi)(-K_1^2 e_1 + (K_1 + K_2)e_2 + e_3 + fg),\ B^{-1} = \frac{1}{g}\begin{pmatrix} \cos\vartheta\cos\psi & \sin\vartheta & -\cos\vartheta\sin\psi \\ -\sin\vartheta\cos\psi & \cos\vartheta & \sin\vartheta\sin\psi \\ \sin\psi & 0 & \cos\psi \end{pmatrix},$$

который обеспечивает следующий вид замкнутой (6)–(7) системы $\dot{e}_1 = -K_1 e_1 + e_2, \dot{e}_2 = -K_2 e_2$, и экспоненциальную устойчивость ошибок слежения: $\lim\limits_{t\to+\infty} e_{1i} = 0,\ i = \overline{1,3}$. Выбором постоянных элементов матриц обеспечивается желаемая скорость сходимости ошибок слежения.

2 Синтез подсистемы наблюдения

Потребностями базового закона управления (7) продиктована структура подсистемы наблюдения. При отсутствии в контуре управления генератора задающих воздействий целесообразно включить в подсистему наблюдения два наблюдателя: 1) для оценивания скоростей $y_2(t)$ по измерениям $y_1(t)$; 2) для оценивания смешанных переменных (5) по измерениям $e_1(t)$. В отличие от стандартных наблюдателей пониженного порядка, где отбрасывается подсистема, описывающая динамику измеряемых переменных, предлагается отбросить динамику неизмеряемых переменных, а требуемые оценки получить с помощью корректирующих воздействий наблюдателя.

Для оценивания косинусов (синусов) углов наклона траектории ϑ и курса ψ, требуемых для формирования в законе управления (7) матрицы $B^{-1}(\vartheta,\psi)$, первый наблюдатель построим на основе укороченной системы (3), а именно, $\dot{y}_1 = y_2$, где переменные $y_1(t)$ измеряются, а $y_2(t)$ трактуются как внешние ограниченные возмущения с ограниченными производными (4). Получим

(8) $\dot{z}_0 = v_0(\varepsilon_0),\ z_0 \in R^3,\ v_0 \in R^3,\ \varepsilon_0 = y_1 - z_0 \in R^3$.

Задача наблюдения сводится к задаче стабилизации с заданной точностью ошибок наблюдения ε_0 и их производных $\dot{\varepsilon}_0 = y_2 - v_0$:

(9) $|\varepsilon_{0i}(t)| \le \alpha, t > t_{01} \ge 0$, $|\dot{\varepsilon}_{0i}(t)| = |y_{2i}(t) - v_{0i}(t)| \le \alpha,\ t > t_0 > t_{01}, i = \overline{1,3}$.

Тогда при $t > t_0$ корректирующие воздействия v_0 служат оценками «внешнего возмущения» $v_{0i}(t) = y_{2i}(t) \pm \alpha$ и используются для вычисления элементов матрицы $B^{-1}(\vartheta,\psi)$ в силу (2):

(10) $\tilde{V} = \sqrt{v_{01}^2 + v_{02}^2 + v_{03}^2} \ne 0,\ \sin\tilde{\vartheta} = \frac{v_{02}}{\tilde{V}},\ \cos\tilde{\vartheta} = \sqrt{1 - \frac{v_{02}^2}{\tilde{V}^2}},\ \cos\tilde{\psi} = \frac{v_{01}}{\tilde{V}\cos\tilde{\vartheta}},\ \sin\tilde{\psi} = -\frac{v_{03}}{\tilde{V}\cos\tilde{\vartheta}}$.

Для обеспечения (10) используются корректирующие воздействия в виде ограниченных, кусочно-линейных функций с двумя настраиваемыми параметрами:

(11) $v_{0i} = M_{0i}\mathrm{sat}(l_{0i}\varepsilon_{0i}), M_{0i}, l_{0i} = \mathrm{const} > 0,\ i = \overline{1,3},\ M_{0i}\mathrm{sat}(l_{0i}\varepsilon_{0i}) = \begin{cases} M_{0i}\mathrm{sign}\,\varepsilon_{0i}, & |\varepsilon_{0i}| > 1/l_{0i}; \\ M_{0i}l_{0i}\varepsilon_{0i}, & |\varepsilon_{0i}| \le 1/l_{0i}. \end{cases}$

Амплитуды $M_{0i} > 0$ выбираются исходя из достаточных условий $\varepsilon_{0i}\dot{\varepsilon}_{0i} < 0$ так, чтобы при $|\varepsilon_{0i}(0)| > 1/l_{0i}$ за конечное время попасть в линейную зону, а при $|\varepsilon_{0i}(0)| < 1/l_{0i}$ – не выйти из нее. Неравенства для выбора l_{0i} для обеспечения заданной точности оценивания (10) имеют вид:

(12) $l_{0i} > \frac{1}{M_{0i}(\alpha - \overline{\alpha}_i)} \max\{Y_{2i}, \overline{Y}_{2i}\},\ i = \overline{1,3}$.

Для получения оценок смешанных переменных $e_2(t), e_3(t)$ по измерениям $e_1(t)$ построим второй наблюдатель как реплику системы (6):

(13) $\dot{z}_1 = -K_1 e_1 + z_2 + v_1, \dot{z}_2 = -K_2^2 e_1 + K_1 z_2 + fg + \tilde{B}u + v_2$,

где $z_{1,2} \in R^3$ – вектор состояния, $v_{1,2} \in R^3$ – вектор корректирующих воздействий наблюдателя.

Относительно ошибок наблюдения $\varepsilon_j = e_j - z_j \in R^3, j = 1,2$ получим систему

(14) $\dot{\varepsilon}_{1i} = \varepsilon_{2i} - v_{1i}, \dot{\varepsilon}_{2i} = k_{1i}\varepsilon_{2i} + \bar{e}_{3i} - v_{2i},\ i = \overline{1,3}$,

где переменные $\bar{e}_3 = e_3 + \Delta B u$ трактуются как внешние возмущения, ограниченные вместе со своими производными, динамическая модель возмущений в построения не вводится.

Аналогично (12) в (14) используются непрерывные, ограниченные корректирующие воздействия

(15) $v_{1i} = M_{1i}\mathrm{sat}(l_{1i}\varepsilon_{1i}),\ v_{2i} = M_{2i}\mathrm{sat}(l_{2i}v_{1i}) = M_{2i}\mathrm{sat}(l_{2i}(\varepsilon_{2i} - \dot{\varepsilon}_{1i}))$.

Получены неравенства для выбора параметров $M_{1,2(i)} > 0$, $l_{1,2(i)} > 0$, при которых обеспечивается заданная точность оценивания: $z_{2i}(t) = e_{2i}(t) \pm \beta,\ t_1 > t_0$, $v_{2i}(t) = e_{3i}(t) \pm \gamma\ \forall t_2 > t_1$, $i = \overline{1,3}$. При этом базовый закон управления (7) в замкнутой системе (1) реализуется в виде $u = -B^{-1}(\tilde{\vartheta}, \tilde{\psi})(-K_1^2 e_1 + (K_1 + K_2) z_2 + v_2 + fg)$ и обеспечивает стабилизацию ошибок слежения.

По сравнению со стандартными наблюдателями на скользящих режимах [8] наблюдатели (9), (12) и (14), (16) имеют следующие преимущества: динамический порядок меньше в два раза, оценочные сигналы гладкие, требуется меньшее время счета.

Заключение

Основной результат данной работы – процедуры синтеза наблюдателей состояния и возмущений пониженного порядка нового типа, не требующие расширения пространства состояний за счет динамической модели внешних возмущений. Построение данных наблюдателей на основе преобразованных систем существенно упрощает структуру регулятора, так как оцениванию подлежат смешанные переменные, по которым формируется обратная связь. Реализация разработанных алгоритмов, не требующих перенастройки при изменении внешних воздействий, повысит функциональность системы управления БПЛА и ее надежность при отказе измерительных устройств.

Результаты моделирования подтвердили эффективность разработанного подхода.

Литература

1. *Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л.* Современные направления синтеза систем автоматического управления ЛА // Известия РАН. ТиСУ. 2004. № 2. – С. 126–136.
2. *Колесников А.А.*, *Кобзев В.А*. Динамика полета и управление: синергетический подход. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. – 198 с., 2003. – 282 с.
3. *Никифоров В.О.* Адаптивное и робастное управление с компенсацией внешних возмущений. – СПб.: Наука, 2003. – 282 с.
4. *Краснова С.А., Мысик Н.С.* Синтез инвариантной системы управления продольным движением летательного аппарата // Автоматика и телемеханика. 2011. № 10. – С. 104–116.
5. *Краснова С.А., Уткин А.В.* Анализ и синтез минимально-фазовых нелинейных SISO-систем при действии внешних несогласованных возмущений // Проблемы управления. 2014. №6. С. 22–30.
6. *Краснова С.А., Уткин В.А., Уткин А.В.* Блочный подход к анализу и синтезу инвариантных нелинейных систем слежения // Автоматика и телемеханика. 2017. № 12. – С.26–53.
7. *Канатников А.Н., Лю В., Ткачев С.Б.* Путевые координаты в задаче следования вдоль пространственного пути // Математическое моделирование. 2017. Т. 29. № 10. – С. 5–19.
8. *Краснова С.А., Уткин В.А.* Каскадный синтез наблюдателей состояния динамических систем. – М.: Наука, 2006. – 272 с.

РЕЛЕЙНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ НА ПОДВИЖНОЙ ТЕЛЕЖКЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИЛЫ СУХОГО ТРЕНИЯ

Кочетков С.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kos@ipu.ru

Аннотация: В работе рассматривается задача управления перевернутым маятником, закрепленным на подвижном основании (тележке), которое с помощью двигателя постоянного тока может быть горизонтально перемещена по направляющей. Отличительной особенностью конструкции является наличие роликов, с помощью которых основание прижимается к направляющей, что обуславливает наличие существенной силы трения между тележкой и рельсом. В описанных условиях ставится задача стабилизации маятника в верхнем положении с одновременным регулированием положения тележки. Для компенсации силы сухого трения в статье разработан новый разрывный закон управления, с помощью которого удается обеспечить решение поставленной проблемы с заданной точностью.

Ключевые слова: перевернутый маятник, сухое трение, разрывный закон управления.

Введение

В статье рассматривается перевернутый маятник, закрепленный на подвижном основании. В качестве исполнительного устройства, приводящего в движении тележку используется двигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Сила сухого трения между подвижной

тележкой, перемещающейся по рельсе, может регулироваться за счет поджатия роликов, входящих в состав крепления. Подобная конструкция широко применяется в технике для компенсации люфтов подвижных механизмов. Наличие существенного возмущения не позволяет использовать при синтезе законов стабилизации верхнего положения маятника классические линейные алгоритмы на основе ПИД-регуляторов, т.к. при достаточно малых отклонениях управляющее воздействие подавляется нелинейной силой трения. Использование наблюдателей возмущений затруднено в силу достаточно малых скоростей движений, что делает задачу оценивания возмущения плохо обусловленной. В статье предложен закон управления, позволяющий избежать указанных трудностей.

Для дальнейшего изложения введем обозначения, приведенные в таблице 1. Математическая модель электромеханической системы может быть записана с использованием уравнений Кирхфгофа и уравнений Лагранжа второго рода [1, 2]

$$
\begin{aligned}
&\dot{\varphi} = \omega, \quad \dot{\bar{x}} = v, \\
&\dot{\omega} = \frac{M_{\text{eq}}\left[-\mu_p \omega + mgl\sin(\varphi)\right]}{\Delta(\varphi)} + \frac{ml\cos(\varphi)\left[-ml\sin(\varphi)\omega^2 - \mu_{bd} N\operatorname{sign}(v) - \mu_{\text{beq}} v + \frac{c_i}{r_s} I\right]}{\Delta(\varphi)}, \\
&\dot{v} = \frac{ml\cos(\varphi)\left[-\mu_p \omega + mgl\sin(\varphi)\right]}{\Delta(\varphi)} + \frac{J_{\text{eq}}\left[-ml\sin(\varphi)\omega^2 - \mu_{bd} N\operatorname{sign}(v) - \mu_{\text{beq}} v + \frac{c_i}{r_s} I\right]}{\Delta(\varphi)}, \\
&\dot{I} = -\frac{R}{L} I - \frac{c_\omega}{L r_s} v + \frac{u}{L},
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где φ – угловое положение стержня, ω – угловая скорость маятника, J – момент инерции маятника, l – расстояние до центра масс маятника, m – масса маятника, M – масса подвижного основания, x – координата центра масс подвижного основания, v – скорость центра масс подвижного основания, μ_{bd} – коэффициент сухого трения между подвижным основанием и рельсом, μ_{bv} – коэффициент вязкого трения между подвижным основанием, и рельсом, μ_p – коэффициент вязкого трения в подшипнике маятника, μ_d – коэффициент вязкого трения в подшипнике электродвигателя R – сопротивление якоря электродвигателя, L – индуктивность якоря электродвигателя, c_i – постоянная момента электродвигателя, c_ω – коэффициент противо-ЭДС электродвигателя, k_g – передаточное число редуктора, η_g – КПД редуктора, J_d – момент инерции электродвигателя со шкивом, r_s – радиус шкива на на выходном валу редуктора, I – сила тока в обмотке якоря электродвигателя, u – напряжение на обмотке якоря электродвигателя, N – сила реакции опоры тележки, $\mu_{\text{beq}} = \mu_{bv} + \dfrac{\mu_d}{r_s^2}$, $M_{\text{eq}} = m + M + J_d \eta_g k_g^2 / r_s^2$, $J_{\text{eq}} = J + ml^2$, $\Delta(\varphi) = M_{\text{eq}} J_{\text{eq}} - m^2 l^2 \cos^2(\varphi)$, $\operatorname{sign}(\cdot)$ – функция знака.

В работе одновременно ставится задача стабилизации маятника в верхнем положении и задача регулирования положения подвижного основания в заданном положении

$$
\lim_{t\to\infty} |\bar{x}| \le \delta_1, \lim_{t\to\infty} |\varphi| \le \delta_2, \tag{2}
$$

где $\bar{x} = x - x_{\text{ref}}$, $x_{\text{ref}} = \text{const}$ – заданное положение стабилизации подвижного тела, $\delta_1, \delta_2 = \text{const} > 0$ – заданные константы.

2 Синтез нелинейного закона управления

Рассмотрим синтез нелинейного закона управления на основе пошаговой процедуры преобразования исходной системы к блочной канонической форме управляемости. Рассматривая механическую подсистему системы (1) с учетом (2) и используя процедуру линеаризации, получим

$$
\dot{x} = Ax + BI + Q\xi, \tag{3}
$$

где $A=\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{mglM_{\text{eq}}}{\Delta} & 0 & -\frac{\mu_p M_{\text{eq}}}{\Delta} & -\frac{\mu_{\text{beq}} ml}{\Delta} \\ \frac{m^2 l^2 g}{\Delta} & 0 & -\frac{\mu_p ml}{\Delta} & -\frac{J_{\text{eq}}\mu_{\text{beq}}}{\Delta} \end{pmatrix}$, $B=\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{mlc_i}{\Delta r_s} \\ \frac{J_{\text{eq}} c_i}{\Delta r_s} \end{pmatrix}$, $\Delta=\left(M+\frac{J_d \eta_g k_g^2}{r_s^2}\right)J_{\text{eq}}+Jm,$

$y=(\varphi \quad \bar{x} \quad \omega \quad v)^{\mathrm{T}}$, $\xi=-\mu_{bd} N\operatorname{sign}(v)$, $Q=\left(0 \quad 0 \quad \frac{ml}{\Delta} \quad \frac{J_{\text{eq}}}{\Delta}\right)^{\mathrm{T}}$.

Шаг 1. Обозначим матрицу преобразования системы (3) в каноническую форму управляемости относительно фиктивного управления через T_c, тогда матрицы A, B, Q и вектор состояния y в канонической форме управляемости запишутся в виде

(4) $$A_c=T_c A T_c^{-1},\ B_c=T_c B,\ \ Q_c=T_c Q,\ \ y^*=T_c y.$$

Введем также в рассмотрение матрицу преобразования T_b из канонической формы (4) в блочную форму вида

$$A_b=\begin{pmatrix} -k_1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -k_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -k_3 & 1 \\ \text{x} & \text{x} & \text{x} & \text{x} \end{pmatrix},\ B_b=\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},\ T_b=\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -k_1 & 1 & 0 & 0 \\ k_1^2 & -k_1-k_2 & 1 & 0 \\ -k_1^3 & k_2(k_1+k_2)+k_1^2 & -k_1-k_2-k_3 & 1 \end{pmatrix}$$

где через x обозначены ненулевые элементы, которые могут быть вычислены с помощью матриц подсистемы (3) на основе хорошо известных процедур [3].

С учетом введенных обозначений

(5) $$A_b=T_b^{-1}T_c A T_c^{-1} T_b,\ B_b=B_c,\ \ Q_b=Q_c,\ \ \tilde{y}=T_b^{-1}y^*.$$

Шаг 2. При выборе фиктивного управления, в качестве которого выступает момент электродвигателя I таким образом, что последняя компонента вектора системы (5) сходится в заданную окрестность нуля, обеспечивается стабилизация всего вектора $\tilde{y}$, а значит и исходных переменных механической подсистемы (вектор y). Для синтеза фиктивного I и реального управления на втором шаге введем замену переменных и управление в виде

(6) $$s=\frac{c_i}{r_s}I+(0\,0\,0\,1)^{\mathrm{T}}A_b\tilde{y}-\tilde{I},\qquad \dot{\tilde{I}}=-\alpha\tilde{I}-V\operatorname{sign}(\tilde{y}_4),\quad \tilde{y}_4=[0\,0\,0\,1]\tilde{y},$$
$$u=-U\operatorname{sign}(s),\qquad \alpha=\text{const}>0,\ V=\text{const}>0,\quad U=\text{const}>0,$$

чтобы привести замкнутую электромеханическую систему к виду

(7) $$\dot{\tilde{y}}_1=-k_1\tilde{y}_1+\tilde{y}_2,\qquad \dot{\tilde{y}}_2=-k_2\tilde{y}_2+\tilde{y}_3,\qquad \dot{\tilde{y}}_3=-k_3\tilde{y}_3+\tilde{y}_4,\qquad \dot{\tilde{y}}_4=\tilde{I}+s+\xi(t),$$
$$\dot{\tilde{I}}=-\alpha\tilde{I}-V\operatorname{sign}(\tilde{y}_4),\quad \dot{s}=\frac{c_i}{r_s}\left(-\frac{R}{L}I-\frac{c_\omega}{Lr_s}v-\frac{U}{L}\operatorname{sign}(s)\right)-\alpha\tilde{I}-V\operatorname{sign}(\tilde{y}_4).$$

При определенных начальных условиях и достаточной амплитуде разрывного управления U

$$U>\frac{Lr_s}{c_i}\left|\frac{c_i}{r_s}\left(-\frac{R}{L}I-\frac{c_\omega}{Lr_s}v\right)-\alpha\tilde{I}-V\operatorname{sign}(\tilde{y}_4)\right|$$

в замкнутой системе (7) за конечное время возникает скользящий режим, движение в котором описывается редуцированными уравнениями

$$\dot{\tilde{y}}_1=-k_1\tilde{y}_1+\tilde{y}_2,$$
$$\dot{\tilde{y}}_2=-k_2\tilde{y}_2+\tilde{y}_3,$$
$$\dot{\tilde{y}}_3=-k_3\tilde{y}_3+\tilde{y}_4,$$
$$\dot{\tilde{y}}_4=\tilde{I}+\xi(t),$$
$$\dot{\tilde{I}}=-\alpha\tilde{I}-V\operatorname{sign}(\tilde{y}_4),$$

Можно показать [4], что при определенном выборе параметров α, V внутреннего контроллера (6), обеспечивается решение поставленной задачи (2) с заданной точностью.

Литература

1. Лурье А.И. Аналитическая механика. – М.: ГИФМЛ, 1961.

2. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Том 1. – Спб.: Питер, 2004.

3. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB. – СПб.: Наука, 2000.

4. Kochetkov S.A., Utkin V.A. Invariance in systems with unmatched perturbations // Automation and Remote Control. Vol. 74. 2013, No. 7. – P. 1097-1127.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ИНВАРИАНТЫ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА

Кушнер А.Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,
г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Московский педагогический государственный университет
kushner@physics.msu.ru,

Кушнер Е.Н.

Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20
ekushner@ro.ru,

Самохин А.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,
г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
samohinalexey@gmail.com

Аннотация: Для эволюционных уравнений третьего порядка по пространственной переменной построена алгебра дифференциальных инвариантов относительно псевдогруппы точечных преобразований. Подобные уравнения возникают при изучении процессов фильтрации (уравнение Рапопорта-Лиса), теории нелинейных волн (уравнение Кортевега – де Фриза).

Ключевые слова: джеты, алгебра дифференциальных инвариантов, точечные преобразования.

В докладе представлено поле рациональных дифференциальных инвариантов псевдогруппы точечных пребразований для эволюционного дифференциального уравнения вида

(1) $u_t = A(u)_x + B(u)_{xx} + C(u)_{xxx}$,

где $u = u(t,x)$, а A, B, C – функции класса C^∞ с общей областью определения.

Для его построения среди всех точечных преобразований выделяются допустимые преобразования, т.е. такие, которые сохраняют класс уравнений вида (1). Допустимые преобразования образуют группу Ли, а её дифференциальные инварианты являются также и дифференциальными инвариантами уравнений.

Уравнения (1) описывают широкий класс нелинейных процессов.

Например, при $C = 0$ уравнения (1) возникают в теории нелинейной фильтрации [1,2] и называются обобщенными уравнениями Рапопорта-Лиса. В работе [3] были построены конечномерные динамики и аттракторы таких уравнений, а в работе [4] найдены дифференциальные инварианты алгебры Ли допустимых преобразований.

При $A(u) = -3u^2,\ B(u) = 0,\ C(u) = -1$ получаем уравнение Кортевега – де Фриза [5]

(2) $u_t + 6uu_x + u_{xxx} = 0,$

а при $A(u) = -3u^2,\ B(u) = \mu,\ C(u) = -1$ – уравнение Кортевега – де Фриза с диссипацией

(3) $u_t + 6uu_x + u_{xxx} = \mu u_{xx}.$

Поэтому уравнения вида (1) при выполнении условия $C \neq 0$ будем называть обобщенными уравнениями Кортевега – де Фриза.

Уравнение (1) запишем в виде

$u_t = A'(u)u_x + B'(u)u_{xx} + B''(u)u_x^2 + C'(u)u_{xxx} + 3C''(u)u_xu_{xx} + C'''(u)u_x^3$

или, вводя обозначения $a(u) = A'(u),\ b(u) = B'(u),\ c(u) = C'(u)$, в виде

(4) $u_t = a(u)u_x + b(u)u_{xx} + b'(u)u_x^2 + \mathrm{c}(u)u_{xxx} + 3c'(u)u_xu_{xx} + c''(u)u_x^3$.

Таким образом, уравнение (4) однозначно определяется тремя функциями a, b, c одной переменной u и поэтому его можно рассматривать как заданную параметрически кривую в пространстве $\mathbf{R}^3$ с координатами a, b, c.

Лемма 1. Допустимые инфинитезимальные точечные преобразования уравнения (4) образуют группу Ли G, алгебра Ли которой порождена векторными полями $\partial_t, \partial_x, \partial_u, 3t\partial_t + x\partial_x, x\partial_x, t\partial_x, u\partial_u$.

Введем пространство $\mathbf{R}^4$ с координатами u, a_0, b_0, c_0 и рассмотрим тривиальное векторное расслоение $\pi: \mathbf{R}^4 \to \mathbf{R}$, где $\pi(u, a_0, b_0, c_0) = u$. Класс уравнений вида (4) ассоциируем с сечениями этого расслоения.

Пусть $J^k(\pi)$ – пространство -джетов сечений расслоения π и $u, a_0, b_0, c_0, \dots, a_k, b_k, c_k$ – канонические координаты на нём.

Лемма 2. Действие группы Ли G на пространстве $J^0(\pi)$ порождено векторными полями

$\partial_u, u\partial_u, \partial_{a_0}, 2a_0\partial_{a_0} + b_0\partial_{b_0}, a_0\partial_{a_0} + 2b_0\partial_{b_0} + 3c_0\partial_{c_0}$.

Продолжая эти векторные поля в пространство джетов $J^k(\pi)$, найдем поле рациональных дифференциальных инвариантов уравнения (4). А именно, справедлива следующая теорема.

Теорема. Поле рациональных дифференциальных инвариантов обобщенных уравнений Кортевега – де Фриза относительно *точечных преобразований порождено инвариантами*

$J_{1,i} = \frac{b_i b_0^{2i-1}}{a_1^i c_0^i}$, $J_{2,i} = \frac{c_i b_0^{2i}}{c_0^{i+1} a_1^i}$, $J_{3,i} = \frac{a_{i+1} b_0^{2i}}{c_0^i a_1^{i+1}}$, где $i = 1,2,3, \dots$.

Согласно теореме Ли-Трессе [6], построенные дифференциальные инварианты позволяют классифицировать регулярные обобщенные уравнения Кортевега – де Фриза относительно точечных преобразований.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 18-29-10013).

Литература

1. Баренблатт Г.И. Нелинейная фильтрация: прошлое, настоящее и будущее // В сборнике «Проблемы теории фильтрации и механика процессов повышения нефтеотдачи». – М.: Наука, 1987 – С. 15-27.

2. Rapoport L., Leas W. Properties of linear waterflood // AIME Trans. 1953. Vol. 198. – P.139-148.

3. Ахметзянов А.В., Кушнер А.Г., Лычагин В.В. Аттракторы в моделях фильтрации // Доклады акад. наук. 2017. Т. 472. № 6. – С. 627-630.

4. Kushner E.N. Classification of generalized Rapoport–Leas equations // Proceedings of 2018 Eleventh International Conference «Management of Large-Scale System Development» (MLSD) Russia, Moscow, V.A. Trapeznikov Institute Of Control Sciences, October 1-3, 2018.

5. D. J. Korteweg, G. de Vries. On the Change of Form of Long Waves Advancing in a Rectangular Canal, and on a New Type of Long Stationary Waves // Philosophical Magazine. 1895. Vol. 39. – P. 422-443.

6. Kruglikov B., Lychagin V. Global Lie–Tresse theorem. Sel. Math. New Ser. (2016) 22: 1357.

ДИНАМИКИ ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА-ХАКСЛИ

Кушнер А. Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,
г. Москва, ул. Профсоюзная д.65..
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.,
Московский педагогический государственный университет,
Москва, ул. Малая Пироговская, 1, стр. 1.
kushner@physics.msu.ru,

Матвийчук Р. И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2.
mathvich@gmail.com

Аннотация: Для эволюционных дифференциальных уравнений, обобщающих известное уравнение Бюргерса-Хаксли, построены конечномерные динамики низших порядков, позволяющие строить точные решения таких уравнений. Некоторые такие решения представлены.

Ключевые слова: конечномерные динамики, точные решения, уравнение Бюргерса-Хаксли.

При исследовании решений нелинейных эволюционных уравнений в частных производных вида

$$(1) \qquad v_t = f(v, v_x, v_{xx}, \dots)$$

часто возникает задача описания асимптотического поведении его решений при $t \to +\infty$. При этом речь может идти как о стационарных предельных режимах, так и о нестационарных.

Так, в работе [1] рассматривались вопросы стабилизации решений уравнения из теории горения. В работе [2] для квазилинейных уравнений рассматриваются примеры так называемых «промежуточных асимптотик». Это такие решения эволюционных уравнений, которые при достаточно большом значении t «забывают» начальные данные, но при этом описывают процессы, всё ещё далекие от стационарных. То есть здесь тоже можно говорить о «стабилизации» в каком-то смысле решений эволюционного уравнения. Основным методом построения таких предельных решений явился выявление автомодельных решений в виде бегущих волн, существование которых следует из наличия симметрий уравнения (1).

Основная сложность исследования асимптотического поведения решений состоит в том, что в настоящее время отсутствует сколь-нибудь общая теорема существования решений таких уравнений. Более того, существует большое число примеров, когда решения уравнений (1) определены лишь на конечных интервалах времени.

Позднее было введено понятие аттрактора для эволюционной системы [3]. В работах [4,5] предложен метод построения решений уравнений (1), основанный на так называемых конечномерных динамиках и дающий конструктивный метод построения аттракторов эволюционных уравнений.

Конечномерной динамикой k-го порядка уравнения (1) называется обыкновенное дифференциальное уравнение k-го порядка, для которого функция f, входящая в правую часть уравнения (1), является производящей функцией тасующих симметрий [6]. Зная решение этого обыкновенного дифференциального уравнения, можно построить решение уравнения (1). Для этого нужно применить к решению обыкновенного дифференциального уравнения оператор сдвига вдоль траекторий эволюционного векторного поля с производящей функцией f.

Теория конечномерных динамик является естественным развитием теории динамических систем. Её методы позволяют выделять конечномерные подмногообразия в бесконечномерном пространстве гладких функций, инвариантные относительно потока, задаваемым эволюционным уравнением. Эти подмногообразия состоят из решений обыкновенных дифференциальных уравнений и могут быть использованы для построения точных решений эволюционных уравнений даже в случае, когда уравнение не обладает достаточным запасом симметрий, а также для исследования устойчивости решений и для построения новых численных методов.

Это, во-первых, позволяет избежать вопроса о существовании решений, ибо такие подмногообразия состоят из решений обыкновенных дифференциальных уравнений, а кроме того даёт конструктивный метод для их нахождения. Функции на соответствующих пространствах джетов, задающие эти подмногообразия, используются для оценки близости между решениями и, в частности, для определения аттрактора. В работе [7] в терминах конечномерных динамик найдены достаточные условия существования аттракторов для обобщенного уравнения Рапопорта-Лиса, встречающегося в теории фильтрации.

В докладе представлены конечномерные динамики первого и второго порядков для уравнения Бюргерса-Хаксли

$$v_t = vv_x + v_{xx} + F(v), \quad (2)$$

которые применены для нахождения новых точных решений уравнений (2) для некоторых видов функции *F*.

Анализ симметрий уравнений (2) бы проведён в работе [8], а в работах [9,10] построены некоторые его точные решения.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 18-29-10013).

Литература

1. Канель Я.И. О стабилизации решений задачи Коши для уравнений, встречающихся в теории горения // Матем. сб. 1962. Т 59(101) (дополнительный). – С. 245-288.

2. Баренблатт Г.И., Зельдович Я.Б. Промежуточные асимптотики в математической физике // Успехи матем. наук. – 1971. Т. 26. №2(158). С. 115-129.

3. Бабин А.В. , Вишик М.И. Аттракторы эволюционных уравнений с частными производными и оценки их размерности. Успехи матем. наук. – 1983. Т 38. № 4(232). С. 133-187.

4. Kruglikov B.S., Lychagina O.V. Finite dimensional dynamics for Kolmogorov-Petrovsky-Piskunov equation // Lobachevskii Journal of Mathematics – 2005. Vol. 19. – P. 13-28.

5. Lychagin V., Lychagina O. Finite Dimensional Dynamics for Evolutionary Equations // Nonlinear Dynamics. – 2007. – Vol. 48. – P. 29-48.

6. Kushner A. G., Lychagin V. V., Rubtsov V. N. Contact Geometry and Nonlinear Differential Equations. – Cambridge University Press. – 2007. – 518 p.

7. Ахметзянов А.В., Кушнер А.Г., Лычагин В.В. Аттракторы в моделях фильтрации // Доклады акад. наук. 2017. Т. 472. № 6. – С. 627-630.

8. Aksenov A.V., Druzhkov K.P. Symmetries and reductions of Burgers-Huxley equation // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 788. – P. 1-6.

9. Nourazar S.S., Soori M. and Nazari-Golshan A. On the Exact Solution of Burgers-Huxley Equation Using the Homotopy Perturbation Method // Journal of Applied Mathematics and Physics. 2015. № 3. P. 285-294.

10. Zemlyanukhin A. I., Bochkarev A. V. Exact solitary-wave solutions of the Burgers-Huxley and Bradley-Harper equations // Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Math. Mech. Inform., 2017, Vol. 17. Iss.1. P. 62-70.

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ТЕЧЕНИЯХ ГАЗА ДИТЕРИЧИ

Лычагин В.В., Рооп М.Д.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
valentin.lychagin@uit.no, mihail_roop@mail.ru

Аннотация: В статье изучаются стационарные течения реальных газов, описываемые уравнениями Эйлера, в трехмерном пространстве. В качестве модели термодинамического состояния принимается уравнение Дитеричи. Изучены критические явления, возникающие вдоль потока таких газов. Предъявлено решение уравнений Эйлера в случае источника и построены области возникновения фазового перехода.

Ключевые слова: уравнение состояния Дитеричи, фазовые переходы, уравнения Эйлера, термодинамика.

Введение

Течения невязких газов в трехмерном пространстве описываются системой уравнений в частных производных, состоящей из уравнений Эйлера [1]:

$$\rho(\mathbf{u},\nabla)\mathbf{u} = -\nabla p, \quad (1)$$

и уравнения неразрывности:

(2) $\operatorname{div}(\rho \mathbf{u}) = 0,$

в дополнение к (1) и (2) мы предполагаем постоянство удельной энтропии $\sigma(x)$ вдоль потока:

(3) $(\mathbf{u}, \nabla\sigma) = 0$.

В системе (1)-(3) $\rho(x)$ - плотность среды, $p(x)$ - давление, $\mathbf{u}(x) = (u_1, u_2, u_3)$ - поле скоростей, $x \in \mathbb{R}^3$.

Система (1)-(3) является незамкнутой, поскольку не определены термодинамические свойства среды. Для того чтобы ее замкнуть, требуются уравнения состояния. Наиболее важными с практической точки зрения моделями являются уравнения состояния реальных газов, содержащие в себе возможность фазовых переходов, которые в контексте уравнений динамики сплошных сред можно интерпретировать как критические явления на решениях дифференциальных уравнений. Введение в рассмотрение уравнений состояния позволяет строить на физическом пространстве области, соответствующие различным фазам, что находит практическое применение, в частности, в задачах фильтрации [2,3].

1 Термодинамика

Под термодинамическим состоянием будем понимать двумерное Лагранжево многообразие L в четырехмерном симплектическом пространстве $\mathbb{R}^4(e, v, p, T)$, где координаты означают соответственно удельную энергию, удельный объем $(v = \rho^{-1})$, давление и температуру, заданное двумя функциями [4,5]:

(4) $L = \{ f(e, v, p, T) = 0,\ g(e, v, p, T) = 0 \}$,

находящимися в инволюции относительно скобки Пуассона $[f, g]$ в силу уравнений состояния:

(5) $[f, g]|_L = 0,$

где $[f, g]$ однозначно определяется соотношением

(6) $[f, g]\,\Omega \wedge \Omega = df \wedge dg \wedge \Omega$.

Форма Ω задает на $\mathbb{R}^4(e, v, p, T)$ структуру симплектического пространства и имеет следующий вид:

(7) $\Omega = d(T^{-1}) \wedge de + d(pT^{-1}) \wedge dv$.

Как правило, из экспериментов известно только одно уравнение состояния – термическое. Условие (5) позволяет установить второе уравнение состояния – калорическое, тем самым полностью определяя Лагранжево многообразие L.

На Лагранжевом многообразии L определена дифференциальная квадратичная форма κ [4]:

(8) $\kappa = d(T^{-1}) \cdot de + d(T^{-1} p) \cdot dv$

Те области на L, в которых дифференциальная квадратичная форма (8) является отрицательно определенной, соответствуют физически реализуемым состояниям [4]. Наиболее удобно описывать Лагранжевы многообразия в термодинамике можно с помощью потенциала Масье-Планка $\phi(v, T)$, который естественным образом возникает из условия совместности термического и калорического уравнений состояния (5). В частности, Лагранжево многообразие L задается с помощью него следующими соотношениями [5]:

(9) $p = RT\phi_v,\ \ e = RT^2\phi_T,$

где R - универсальная газовая постоянная. Удельная энтропия σ и удельный потенциал Гиббса $\gamma = e - T\sigma + pv$ выражаются следующим образом:

(10) $\sigma = R(\phi + T\phi_T),\ \ \gamma = RT(v\phi_v - \phi).$

Физически реализуемые области (фазы) отделены друг от друга подмногообразием $l_{\text{sing}} \subset L$, на котором вырождается дифференциальная квадратичная форма (8). Переход из одной физически реализуемой точки (e_1, v_1, p, T) в другую (e_2, v_2, p, T), сопровождающийся сохранением удельного потенциала Гиббса и интенсивных величин (p, T) - фазовый переход. Кривая, на которой происходит фазовый переход на Лагранжевом многообразии, в силу (9), (10) задается соотношениями:

(11) $\phi_v(v_1, T) = \dfrac{p}{RT},\ \phi_v(v_2, T) = \dfrac{p}{RT},\ \phi(v_1, T) - v_1\phi_v(v_1, T) = \phi(v_2, T) - v_2\phi_v(v_2, T).$

2 Газ Дитеричи

Уравнение состояния Дитеричи является некубическим уравнением состояния, предложенным в [6]. Термическое уравнение состояния имеет следующий вид:

(12) $f(e,v,p,T) = p - \frac{RT}{v-b}\exp\left(-\frac{a}{RTv}\right),$

где a и b - это константы, описывающие соответственно взаимодействие молекул и их объем. Ограничивая скобку Пуассона $[f,g]$ на L, мы получаем калорическое уравнение состояния:

(13) $g(e,v,p,T) = \frac{nRT}{2} + \frac{a}{b}\exp\left(-\frac{a}{RTb}\right)\mathrm{Ei}\left(\frac{a(v-b)}{RTvb}\right) - e,$

где $\mathrm{Ei}(z) = \int_{-\infty}^{z} \tau^{-1} e^{\tau} d\tau$ - экспоненциальный интеграл, а n - число степеней свободы. Таким образом, соотношения (12) и (13) определяют Лагранжево многообразие для газов Дитеричи.

Для построения кривой фазового перехода требуется также вычислить потенциал Масье-Планка. Он имеет следующий вид:

(14) $\phi(v,T) = \ln\left(T^{n/2}\right) + \mathrm{Ei}_1\left(\frac{a}{RTv}\right) + e^{-a/RTb}\mathrm{Ei}\left(\frac{a(v-b)}{RTvb}\right),$

где $\mathrm{Ei}_1(z) = \int_{1}^{\infty} e^{-\tau z}\tau^{-1} d\tau$. Численно решая уравнения (1) относительно (v_1, v_2) для заданных давления p и температуры T, мы находим точки фазового перехода, и соответствующая кривая изображена на Рис. 1.

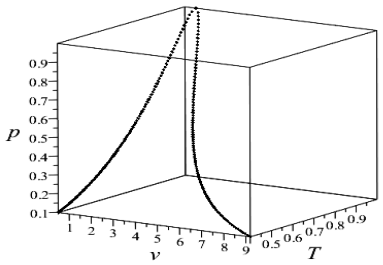


Рис. 1. Кривая фазового перехода для газов Дитеричи

3 Решение уравнений Эйлера

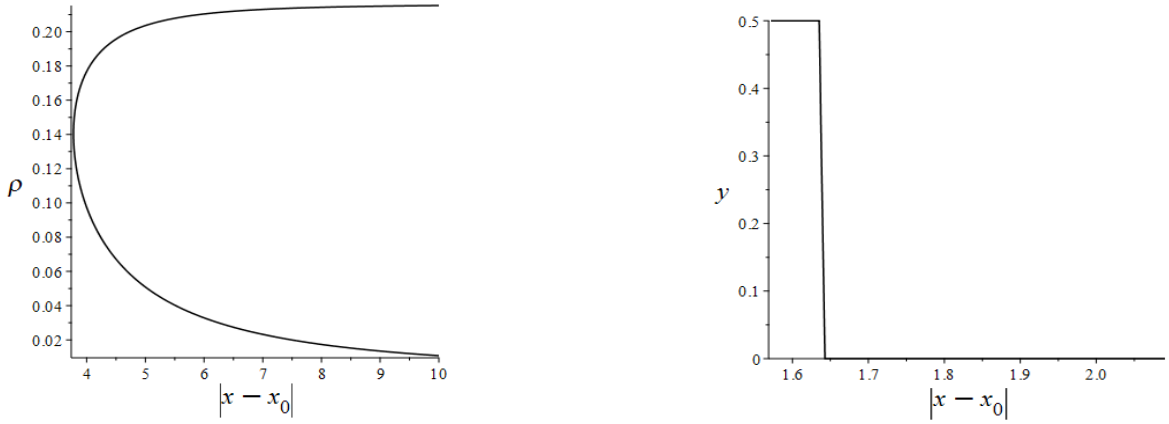
Уравнение (3) в случае изотропного источника интенсивности J и расположенного в точке x_0, приводит к постоянству удельной энтропии $\sigma(x) = R\sigma_0$. Заданный уровень удельной энтропии позволяет выразить все термодинамические переменные через удельный объем [2,5], то есть $T = T(v)$, $p = p(v)$. Решение уравнений Эйлера в этом случае дается следующей теоремой [7]:

Теорема. Общее решение задачи (1)-(3) для в случае источника интенсивности J задано неявно следующим образом:

(15) $\frac{v^2}{2|x-x_0|^4} + \left(\frac{4\pi}{J}\right)^2 \int v p'(v) dv - C_0 = 0,$

где C_0 - постоянная интегрирования.

График решения изображен на Рис. 2(а). Каждая ветвь многозначного решения (15) определяется значением плотности (удельного объема) на бесконечности [7].



(а) *(б)*

Рис. 2. График решения уравнений Эйлера (а) и соответствующее распределение фаз в пространстве (б)

Располагая решением задачи (1)-(3) и кривой фазового перехода в пространстве термодинамических переменных, можно перенести эту кривую на физическое пространство, определив тем самым, области, соответствующие различным фазам. Распределение фаз показано на Рис. 2(б). Значение переменной $y = 0$ соответствует газу, $y = 0.5$ - процессу конденсации. Видно, что в окрестности источника наблюдается конденсация газа.

Литература

1. *Batchelor G.K.* An introduction to fluid dynamics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 615 pp.
2. *Lychagin V., Roop M.* Phase transitions in filtration of Redlich-Kwong gases // Journal of Geometry and Physics. Vol. 143. 2019. – P.33-40.
3. *Lychagin V., Roop M.* Steady filtration of Peng-Robinson gases in a porous medium // Global and Stochastic Analysis. Vol. 6. 2019, № 2. – P.1-10, in press.
4. *Lychagin V.* Contact Geometry, Measurement and Thermodynamics, in Nonlinear PDEs, Their Geometry and Applications. Proceedings of the Wisla 18 Summer School, R. Kycia, M. Ulan, E. Schneider, Eds. – Cham: Birkhäuser Basel. 2019. P. 3–52.
5. *Lychagin V., Roop M.* Phase transitions in filtration of real gases, https://arxiv.org/abs/1903.00276, unpublished.
6. *Dieterici C.* Ueber den kritischen Zustand // Ann. Phys. Chem. Vol. 69. 1899. – P.685-705.
7. *Lychagin V., Roop M.* Real gas flows issued from a source, https://arxiv.org/abs/1905.03999, unpublished.

АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ.

Титов А.В.

РТУ (МИИТ), ул. Образцова 9,г. Москва, Россия

a.v.titov@mail.ru

Аннотация. При моделировании задач управления сложными системами и процессами разработчики моделей сталкиваются с условиями, при которых информация об объектах моделирования неполна или противоречива. В этих условиях моделирование средствами, в основе которых лежит бинарная булева логика становятся не эффективны. В докладе рассматривается возможность формирования общей базы математического моделирования задач управления сложными системами на основе использования алгебро-логических методов исследования видов формального исчисления.

Ключевые слова**:** оценка, сложность, теория, формальный язык, модель, математическая структура, семантика, мера, отношение эквивалентности, решетка, импликативная решетка, логическое исчисление.

Введение

При моделировании как законов мышления, так и явлений окружающего мира, очевидной становится недостаточность логики с двумя значениями истинности, с законами исключенного третьего и противоречия для описания для адекватного описания сложных объектов и процессов.

Однако использование неклассических логик в задачах моделирования процессов управления не носит систематического характера, что требует выработки единой базы исследования принципов формирования неклассических логик и отношения между различными типами логики.

С этой целью рассматривается подход к изучению типов логических исчислений основанный на использовании нефинитных методов, основанных на рассмотрении оценки как морфизма сохраняющего структуру. Этот подход позволяет рассматривать множество формул алгебры логики с введенным на нем отношением эквивалентности как фактор-алгебру с определенной структурой. К ее исследованию могут быть привлечены методы теории структур, или в более общей постановке методы теории категорий, что является развитием семантического подхода к исследованию типов формальной логики на основе исследования оценки [1].

Использование такого подхода обосновано тем, что в метаматематике как теории, изучающей формализованные математические теории, т.е. множество конечных последовательностей символов (формул и термов) и множество операций над этими последовательностями используется аппарат различных разделов математики и она, тем самым, становится объектом математического исследования [2].

Связь типа формальной логики с семантикой отмечается в работах ведущих математиков:

«Принципы классической логики представлены в Set операциями на некотором множестве – двухэлементной булевой алгебре. Каждый топос имеет аналог этой алгебры, и поэтому можно сказать, что каждый топос определяет свое собственное логическое исчисление. Оказывается, что это исчисление может отличаться от классической логики, и вообще логические принципы, имеющие место в топосе, есть принципы интуиционистской логики». [3]

«В центре нашего внимания будет попытка установить связь фактического, или семантического отношения следования…с чисто формальным отношением выводимости,..»[4]

1 Логическое исчисление как алгебра формул, ее связь со структурой значений оценки.

1.1.Алгебра формул языка нулевого порядка как свободная алгебра в своем классе подобия с системой свободных образующих V_0.

Множество всех формул языка нулевого или первого порядка в классической логике является универсальной алгеброй <Fm, ∩,∪, ⇒,¬, > с тремя бинарными и одной унарной операцией или обобщенной алгеброй <Fm, ∩,∪, ⇒,⋃,⋂¬, > с обобщенными операциями ⋃, ⋂, соответствующим кванторным приставкам.

Исходная алгебра <Fm, ∩,∪, ⇒,¬, > не является решеткой, т.к. для формул f∈Fm и g∈Fm f∩g≠g∩f. Однако, как мы знаем, исчисление предикатов является булевой алгеброй. Встает вопрос о том в силу чего исходная алгебра формул <Fm,∩,∪,⇒,¬, > «принимает» на себя ту тли иную алгебраическую структуру.

Общепринятое определение оценки заключается в том, что под оценкой языка L_0 понимается отображение $\upsilon: V_0 \to A$, где А алгебра подобная алгебре <Fm, ∩,∪, ⇒,¬, >, что следует, например из того, что оценка может рассматриваться как подстановка. Если при этом <Fm, ∩,∪, ⇒,¬, > свободная алгебра с системой образующих V_0, то υ может быть продолжено на Fm до гомоморфизма.

В общем случае оценку можно рассматривать как морфизм, сохраняющий структуру.

Этим свойством оценки можно объяснить тот факт, что в классической пропозициональной логике множество формул является булевой алгеброй, поскольку множество значений оценки является, в этом случае двухзначной булевой алгеброй.

Таким образом, можно поставить вопрос о зависимости логического исчисления как алгебраической структуры от вида структуры значения оценки.

Принимаем Принцип **1.** Тип логического исчисления определяется типом алгебры, на которой принимает значение оценка формул.

2.2 Нарушение «принципа» рассмотрения оценки как морфизма, сохраняющего структуру в многозначной логике..

Нарушение введенного выше принципа в пропозициональной логике приводит к нежелательным результатам, например, в известном варианте многозначной пропозициональной логики в качестве значений истинности вместо двухэлементной булевой алгебры {0,1} рассматриваются значения истинности из множества чисел 0≤x≤1, на котором не сохраняется структура булевой алгебры. В результате при φA=1/2 имеем φ(A∨¬ A)=1/2, что плохо согласуется с интуицией (связано с переносом интерпретаций операций как **min** и **max**, которые естественны для двухзначной логики).

«Наш основной вопрос касается возможности такого обобщения, которое допускало бы естественный (однозначный) гомоморфизм булевой алгебры «всех» высказываний на заданную алгебру значений истинности. Эта трудность становится особенно понятной, если рассматривать свойства вероятности: естественные функции (вероятностные меры) от высказываний, принимающие значения в [0,1], не являются гомоморфизмами для операций $\wedge$, v, или $\rightarrow$..» [5]

Приведенные рассуждения позволяют высказать предположение о возможности построения вариантов пропозициональной логики как алгебр гомоморфных алгебрам на которых принимает значение оценка.

2.3 Реконструкция неклассических логик со значениями оценки на импликативной решетке общего вида.

Вариант логики без законов исключенного третьего и противоречия может быть реконструирован, если в качестве семантической структуры взять решетку с двумя видами дополнения.

В частности, покажем, что такая структура эквивалентна исчислению Н-В логики.

Список аксиом Н-В логики состоит из всех формул вида [5]:

1. $(\alpha \rightarrow \beta) \rightarrow ((\beta \rightarrow \gamma) \rightarrow (\alpha \rightarrow \gamma))$ 2. $\alpha \rightarrow \alpha \vee \beta$
3. $\beta \rightarrow \alpha \vee \beta$ 4. $(\alpha \rightarrow \gamma)\ ((\beta \rightarrow \gamma) \rightarrow (\alpha \vee \beta \rightarrow \gamma))$
5. $\alpha \wedge \beta \rightarrow \alpha$ 6. $\alpha \wedge \beta \rightarrow \beta$
7. $(\gamma \rightarrow \alpha) \rightarrow ((\gamma \rightarrow \beta) \rightarrow (\gamma \rightarrow \alpha \wedge \beta))$ 8. $(\alpha \rightarrow (\beta \rightarrow \gamma)) \rightarrow (\alpha \wedge \beta \rightarrow \gamma)$
9. $(\alpha \wedge \beta \rightarrow \gamma) \rightarrow (\alpha \rightarrow (\beta \rightarrow \gamma))$ 10. $\alpha \rightarrow (\beta \vee (\alpha \div \beta))$
11. $(\alpha \rightarrow \beta) \rightarrow (\neg\beta \rightarrow \neg\alpha)$ 12. $(\alpha \div \beta) \rightarrow \urcorner(\alpha \rightarrow \beta)$
13. $((\alpha \div \beta) \div \gamma) \rightarrow (\alpha \div \beta \vee \gamma)$ 14. $\neg(\alpha \div \beta) \rightarrow (\alpha \rightarrow \beta)$
15.. $(\alpha \rightarrow (\gamma \div \gamma)) \rightarrow \neg\alpha$ 16. $\neg\alpha \rightarrow (\alpha \rightarrow (\gamma \div \gamma))$
17. $((\gamma \rightarrow \gamma) \div \alpha) \rightarrow \urcorner\alpha$ 18. $\urcorner\alpha \rightarrow ((\gamma \rightarrow \gamma) \div \alpha)$

Единственными правилами вывода являются modus ponens и

($\urcorner$) $\alpha / (\neg \urcorner \alpha)$.

Н-В исчисление есть алгебра $<A, \cap, \cup, \rightarrow, \div, \neg, \urcorner, 0, 1>$ [5].

В качестве семантической структуры, выберем структуру вида $<A, \cap, \cup, \Rightarrow, \div, -, \urcorner, 0, 1>$, которую назовем Н-В – алгеброй. Это решетка, в которой для любых двух элементов существует псевдодополнение ($\Rightarrow$), и псевдоразность ($\div$). В такой решетке для каждого ее элемента a существует два вида дополнения: $\cap$-дополнение: $-a = a \Rightarrow 0$, и $\cup$-дополнение $\urcorner a = 1 \div a$. В [2] показано, что $\urcorner a \geq -a$. В работе [6] показано, что аксиомы Н-В логики являются теоремами тории импликативных решеток.

3 Структуры значений оценки и определяемые ими виды логического исчисления.

Как показано в п.2.3. оценка со значением на импликативной решетке общего вида порождает логическое исчисление с двумя видами отрицания, без законов исключенного третьего для одного вида отрицания и закона отрицания для другого.

В этом случае оценка определяется следующим образом:

«Оцениванием (оценкой) в данном языке для фиксированной решетки X называется сопоставление каждой формуле ϕ элемента из X, обозначаемого $\|\phi_k\|_X$ или короче $\|\phi_k\|$, причем логические связки языка моделируются операциями в решетке X. Последнее означает, что $\|\phi \wedge \psi\| = \|\phi\| \wedge \|\psi\|$, $\|\phi \vee \psi\| = \|\phi\| \vee \|\psi\|$, $\|\phi \rightarrow \psi\| = \|\phi\| \rightarrow \|\psi\|$, $\|\neg\phi\| = \neg\|\phi\|$» [7].

При этом X, как отмечалось выше, рассматривается как импликативная решетка общего вида. Уже в этом случае, анализируя разные типы оценок, можно проследить то, как количественные изменения и сопоставляемая им мера определяют качественный тип логики, зафиксированный в системе аксиом логического исчисления, что следует из приведенного выше примера.

Другим примером может служить нестандартный анализ в его исходном варианте, в котором рассматривается множество - степень K^I, где K- структура, а формулы –суждения о свойствах данной структуры. Оценка принимает значения на $P(I)$, выбор в качестве j ультрафильтра в $P(I)$ позволяет заменить Tr_j (ϕ_k) ($Tr_j(\phi_k) \equiv \|\phi_k\| \in j$) [7] «обычной» истинностью суждения ϕ_k о структуре K^I. Поскольку для ультрапроизведений $K^I \,|\, j \equiv K^I \,|\, \sim_j$, имеем $\phi_{k\,|\,j}([f_1], [f_2], \ldots [f_n]) \Leftrightarrow ([\phi_k(f_1, f_2, \ldots, f_n)] \in j)$, где $[f_i] \in K^I \,|\, j$. Как показано в [2] это фактор – множество содержит два элемента. Это обеспечивает эквивалентность обеих семантик.

Использование в качестве структуры значений оценки псевдобулевой алгебры, к которой приводит, например, выбор нетривиального не максимального фильтра приводит к тому, что требование выполнимости правила modus ponens, которое на языке оценок выглядит как: $\|\phi_k\| = 1$, $\|\phi_k \Rightarrow \phi_k^1\| = 1$ влечет $\|\phi_k^1\| = 1$ (1) есть частный случай правила $\|\phi_k\| \in j$, $\|\phi_k \Rightarrow \phi_k^1\| \in j$ влечет $\|\phi_k^1\| \in j$,

(2) где j – фильтр на алгебре оценок. В modus ponens j=1. Но (2) - свойство импликативной решетки. Таким образом, modus ponens в форме (2) является правилом вывода для всех логик со значениями на импликативных решетках (псевдобулевых алгебрах).

Литература

1. *А.В.Титов.* Обобщенный нестандартный анализ и исследование форм логического исчисления на основе структур значений оценки. // Ученые записки Крымского государственного университета им. В.И. Вернадского. Серия: Философия, Культурология, Политология, Социология. - Симферополь.: Крымский федеральный университет им В.И.Вернадского, 2015. сс. [ISSN 1606-3715]
2. *Е.Рассева, Р.Сикорский*. Математика метаматематики. -М.: «Наука», 1972,- 591 с.
3. *Р.Гольдблат.* Топосы. Категорный анализ логики. М.»Мир» 1983. -470 с.
4. *Р.Линдон*. Заметки по логике. М. «Мир», 1968, - 127 с.
5. *Г. Биркгоф*. Теория решеток.- М.: «Наука», 1984, - 564 с.
6. *А.В.Титов.* Диалектика в развитии типов логических исчислений на основе структур значений оценки//Доказательство очевидность, достоверность и убедительность в математике. Труды Московского семинара по философии математики/ Под ред. В.А.Божанова, А.Н.Кричевца, В.А.Шапошникова –М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014, - 432с.
7. *В.А.Любецкий*. Оценки и пучки. О некоторых вопросах нестандартного анализа// УМН, том 44, выпуск 4(269), сс. 99-153.

О МНОГОЗНАЧНЫХ РЕШЕНИЯХ УРАВНЕНИЙ ОДНОМЕРНОГО ТЕЧЕНИЯ ГАЗА

Туницкий Д.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
dtunitsky@yahoo.com

Аннотация: Рассматриваются уравнения одномерного политропного течения сжимаемого газа с показателем адиабаты $\gamma = 3$. Для его многозначных решений найдены явные выражения.

Ключевые слова: квазилинейные уравнения, гиперболичность, многозначные решения.

При политропном течении сжимаемого газа давление p и плотность ρ связаны уравнением состояния $p = a^2\rho^\gamma/\gamma$, где γ – показатель адиабаты, и a – положительная постоянная, см. [1; гл. 2, § 1, п. 9] и [2; гл. II, § 3]. В случае плоской симметрии и показателе адиабаты $\gamma = 3$ такие течения описываются квазилинейной гиперболической системой уравнений

(1) $\rho_t + u\rho_x + a^2\rho u_x = 0,\ u_t + uu_x + a^2\rho\rho_x = 0,$

где t и x – независимые переменные, играющие роль времени и эйлеровой координаты, а $u = u(t,x)$ и $\rho = \rho(t,x)$ – неизвестные функции, играющие роль скорости и плотности, [2; гл. II, § 1].

Зададим начальные условия

(2) $u(0,x) = u_0(x),\ \rho(0,x) = \rho_0(x),$

где $-\infty < x < +\infty$. Справедлив следующий результат.

ТЕОРЕМА. Всякое многозначное решение задачи Коши (1), (2) можно представить в следующей параметрической форме

$$u(\xi,\eta) = \frac{r_1(\eta) + r_2(\xi)}{2}, \qquad \rho(\xi,\eta) = \frac{r_1(\eta) - r_2(\xi)}{2a},$$
$$t(\xi,\eta) = \frac{\xi - \eta}{r_1(\eta) - r_2(\xi)}, \qquad x(\xi,\eta) = \frac{\xi r_1(\eta) - \eta r_2(\xi)}{r_1(\eta) - r_2(\xi)},$$

где

$$r_1(\eta) = u_0(\eta) + a\rho_0(\eta), \qquad r_2(\xi) = u_0(\xi) - a\rho_0(\xi)$$

– это инварианты Римана, а точка (ξ,η) принадлежит области

$$W = \{(\xi,\eta) \in \mathbb{R}^2 \mid r_2(\xi) < r_1(\eta)\}.$$

ПРИМЕР. В случае постоянной скорости $u_0(x) = u_0 = const$ инварианты Римана принимают вид

$$r_1(\eta) = u_0 + a\rho_0(\eta), \qquad r_2(\xi) = u_0 - a\rho_0(\xi),$$

область W совпадает со всей плоскостью $\mathbb{R}^2$, $W = \mathbb{R}^2$, и многозначное решение задачи Коши (1), (2) приобретает более простой вид

$$u(\xi,\eta) = u_0 + a\frac{\rho_0(\eta) - \rho_0(\xi)}{2}, \qquad \rho(\xi,\eta) = \frac{\rho_0(\eta) + \rho_0(\xi)}{2},$$

$$t(\xi,\eta)=\frac{1}{a}\frac{\xi-\eta}{\rho_0(\eta)+\rho_0(\xi)},\qquad x(\xi,\eta)=\frac{\xi\rho_0(\eta)+\eta\rho_0(\xi)}{\rho_0(\eta)+\rho_0(\xi)}.$$

Литература

1. *Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н.* Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. – М.: Наука, 1978.
2. *Черный Г. Г.* Газовая динамика. – М.: Наука, 1988.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Туровский Я. А.[*,], Авцинов И. А.[***], Суровцев А. С.[***]**

**Воронежский государственный университет,*
Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
***Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН,*
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65
****Воронежский государственный университет инженерных технологий,*
Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, д. 19
yaroslav_turovsk@mail.ru, alexander.surovtsev.vrn@gmail.com

Аннотация: представлена модель прогнозирования вариабельности сердечного ритма. Использованы три подхода для изучения зависимостей средних значений модулей регрессионных остатков от изменяемых переменных (величина горизонта прогнозирования и номер первого прогнозируемого RR-интервала) при максимальном значении горизонта прогнозирования равном 30 кардиоинтервалам (20-30 секунд).

Ключевые слова: прогнозирование временных рядов, линейная регрессия, вариабельность сердечного ритма.

Введение

Значительная часть аварий и катастроф техногенного характера обусловлена человеческим фактором. Для предотвращения возникновения таких происшествий используют системы контроля деятельности человека-оператора (КДЧО). Система КДЧО эргатической системы должна действовать таким образом, чтобы возможные действия оператора, порождённые в том числе и его психофизиологическим состоянием, не приводили к аварийным ситуациям. Оценка возможных действий оператора может быть получена на основе его функционального состояния (ФС).

Для оценки ФС в системах КДЧО могут быть использованы как субъективные, так и объективные показатели. Различные самоотчеты и заполненные опросники составляют группу субъективных показателей, которые имеют весьма ограниченное применение в эргатических системах. Объективные показатели основываются на анализе физиологических параметров человека [1]. Приведем два примера систем, которые используют объективные показатели. Первый пример – это система мониторинга усталости водителей [2] на основе данных о кожно-гальванической реакции (КГР) [3]. Второй - система, производящая контроль операторов, имеющих доступ к конфиденциальной информации [4], на основе оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР) [5]. Вариабельность сердечного ритма – физиологический феномен варьирования временных интервалов между сердечными ударами. В большинстве случаев, мониторинг ВСР заключается в отслеживании нахождения значений параметров внутри границ, выход за границы означает ухудшение деятельности оператора [1]. Граничные значения определяются индивидуальными особенностями конкретного оператора [6]. Очевидно, что прогнозирование ФС позволит повысить эффективность КДЧО за счет того, что система сможет заранее увидеть возможные отклонения состояния человека и заблаговременно запустить соответствующие механизмы системы безопасности для предотвращения возникновения аварийной ситуации.

Целью данной работы является оценка регрессионной модели прогнозирования ВСР человека как в состоянии покоя, так и в состоянии функциональных нагрузок.

Материалы и методы

При проведении исследования использовалась база ВСР 30 человек. Сигналы ВСР выделялись из записей электрокардиограмм с помощью программы Поли-Спектр. Запись электрокардиограмм производилась электрокардиографом Поли-Спектр-12 с частотой квантования электрокардиограммы в 1000 Гц. В этой базе для каждого человека содержится 9 коротких записей ВСР (3-5 минут),

полученных при разных функциональных нагрузках: работа с двумя вариантами дыхательного интерфейса, работа с электромиографическим (ЭМГ) интерфейсом, работа с нейрокомпьютерным интерфейсом, работа с окулографическим интерфейсом, фоновые записи перед работой с каждым видом интерфейса. Все сигналы ВСР перед сохранением в базу данных были подвергнуты процедурам удаления артефактов и экстрасистол, которые рассматривались как помехи для временного ряда ВСР.

В качестве модели для прогнозирования рассмотрен вариант использования линейной регрессии. Выбор обусловлен тем, что линейная регрессия является одним из методов, обладающим наименьшими требованиями к вычислительным ресурсам.

Очевидно, что при прогнозе значений временного ряда происходит накопление ошибки. Процедура её оценки заключается в сравнении значений, предсказанных на некоторый отрезок времени, и эмпирически полученных значений. Исходя из этого, в качестве меры ошибки в работе используется средние значения модулей регрессионных остатков.

Для прогнозирования будем составлять линейные модели, на вход которым будем подавать отрезок временного ряда определенной длины. На выход каждой модели будет подаваться одно значение. Идентификацию таких моделей будем осуществлять путем решения линейных уравнений, для чего будем применять библиотеки numpy и xlsxwriter, которые обеспечат соответственно решение уравнений линейной алгебры и формирование результатов в виде Excel-таблиц. Удаление выбросов производится кластерным анализом средствами математического пакета Statistica.

Результаты и обсуждение

Проведено исследование зависимости средних значений модулей ошибок прогнозирования (средних значений модулей регрессионных остатков, СЗМРО) от параметров прогнозирования при использовании моделей линейной регрессии с разным числом факторов m (30, 60 и 90 RR-интервалов). Так как в работе рассматривается задача прогнозирования временных рядов, то в качестве параметров модели прогнозирования будем использовать следующий набор параметров прогнозирования:

(1) $$НПП = f(startpos, forecastlength),$$

где: $startpos$ – номер первого кардиоинтервала, для которого составляется прогноз, $forecastlength$ - величина горизонта прогнозирования.

Каждый подход определяется отображением множества порядковых номеров на множество элементов $НПП$. Рассмотрим принципы построения упорядоченных множеств элементов $НПП$ для каждого подхода отдельно. Для наглядности построим диаграммы Гантта по каждому подходу. На рис. 1 под буквами a), b) и c) показаны диаграммы Гантта для первого, второго и третьего подходов соответственно. На каждой диаграмме изображено по 6 полос. Одна полоса (весь временной ряд) отображает всю последовательность ВСР, разделенную на обучающую (залита черным цветом) и тестовую выборки (залита серым цветом). Другие пять полос – подпоследовательности тестовой выборки. Каждая из этих пяти полос, разделена на последовательность входных данных (области, залитые серым цветом с косой штриховкой) и последовательность точек, для которых составляется прогноз (залитые серым цветом области с крестовой штриховкой). В общем случае, для каждого прогноза своя последовательность кардиоинтервалов, которая подается на вход модели для рекуррентного вычисления значений кардиоинтервалов (на графиках – прогнозируемые значения) на некоторый горизонт прогнозирования.

Исследование средних значений модулей регрессионных остатков методами непараметрической статистики позволило установить, что наилучшие результаты прогнозов дают нам модели с m равным 30 или 60, худшие результаты дают нам модели с m равным 90. Это можно объяснить тем, что вариабельность сердечного ритма представляет собой композицию волн разных периодов и при m равном 30 или 60 кардиоинтервалам обеспечивается аппроксимация восходящих или нисходящих трендов ULF и VLF частотных диапазонов, а не полных периодов волн данных частотных диапазонов. В рамках каждого подхода по исследованию зависимостей СЗМРО от изменяемых параметров (горизонта прогнозирования для первого подхода и номера первого прогнозированного RR-интервала для второго и третьего подходов) возникают ситуации, когда СЗМРО некоторых сигналов существенно отклоняются от распределения для какой-либо из моделей (модели с некоторым числом факторов m). Эти сигналы выделены кластерным анализом как сильно отличающиеся, поэтому они не были выключены в расчеты результатов прогнозирования.

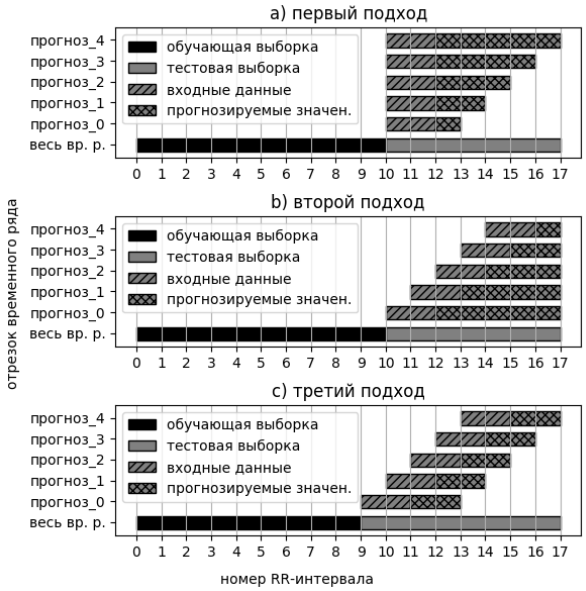


Рис. 1. Диаграмма Гантта принципов разбиения данных на обучающую и тестовую выборки для трех подходов.

Заключение

В статье представлена модель прогнозирования вариабельности сердечного ритма. Использованы три подхода для изучения зависимостей средних значений модулей регрессионных остатков от изменяемых переменных (величина горизонта прогнозирования и номер первого прогнозируемого RR-интервала) при максимальном значении горизонта прогнозирования равном 30 кардиоинтервалам (20-30 секунд). В качестве данных используется набор записей ВСР 30 человек, находящихся в разных функциональных состояниях. Было показано, что рост средних значений модулей регрессионных остатков происходит как при увеличении величины горизонта прогнозирования, так и при увеличении номера первого прогнозируемого кардиоинтервала. Установлено, что значения ошибки моделей с m равным 30 и 60 статистически не различаются, а модели с m равным 90 дают ошибки выше, чем модели с m равным 30 и 60, при прочих равных условиях. Перспективой использования данных методов обработки ВСР, является разработка информационной системы, осуществляющей прогнозирование ВСР с целью оценки возможных отклонений от нормы для человека-оператора.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (грант 16-29-08342-офи_м).

Литература

1. *Машин В. А.* Психологическая нагрузка, психологическое напряжение и функциональное состояние операторов систем управления / В. А. Машин // Вопросы психологии – 2007. – №6. – С. 86-96.
2. *Савченко В. В.* Бортовая система мониторинга функционального состояния оператора транспортного средства / В. В. Савченко // Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси. Минск. – 2012. – №1(18). – С. 20-25.
3. *Ковальчук А. С.* О возможности идентификации психофизического состояния человека-оператора по вариабельности сердечного ритма / Ковальчук А. С. // Динамика систем, механизмов и машин. Омск. – 2014. – С. 37-40.
4. *Нигрей А. А.* Исследование проблемы распознавания психофизиологического состояния человека-оператора / А. А. Нигрей // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2017. – №10(10). – С. 61-64.
5. *Петрукович В. М.* Оценка когнитивной деятельности операторов по нестационарным периодам вариабельности сердечного ритма / В. М. Петрукович, В. Я. Апчел, М. В. Зотов // Вестник Российской Военно-Медицинской Академии. Санкт-Петербург. – 2011. – №2(34). – С. 138-146.
6. *Баевский Р. М.* Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р. М. Баевский // Вестник аритмологии. – 2001. – №24. – С.65-87.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-КУБОМ

Шевляков А.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
aash29@gmail.com

Аннотация: В настоящий момент большой интерес вызывает применение различных алгоритмов машинного обучения в задачах робототехники. Нами сделан обзор наиболее широко применяемых методов обучения с подкреплением, которые мы применили к задаче стабилизации тележки с маятником как к упрощенной модели робота куба.

Ключевые слова: робототехника, управление, машинное обучение

Обзор

Если задаться целью сделать обзор самых заметных методов обучения с подкреплением, предложенных в последние годы, необходимо отметить следующие:

- Deep Q Network (DQN) [5] Одна из первых статей, где авторы успешно применили подход Q-обучения в совокупности с многослойной нейросетью. Алгоритм впервые научился играть в классические аркады для Atari лучше человека.
- Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) [4] Вариант DQN для задач, где управление задано непрерывной функцией. Больше подходит для задач робототехники.
- Hindsight Experience Replay (HER) [1] Предлагает новый подход к формированию функции награды, которое выполняется путем предобучения нейросети либо на сессиях с экспертом, либо на другом контроллере.

Наиболее громких результатов в машинном обучении добились компании компании OpenAI (DotA 2) и DeepMind (AlphaGo).

Вместе с тем, до недавнего времени обучение применялось в основном к игровым задачам, или же в виртуальных средах, смоделированных на компьютере. Во многом это объясняется необходимостью очень долгого обучения, которое в реальном времени заняло бы сотни лет, а также представляло бы опасность для управляемого объекта.

Компанией OpenAI была решена задача управления рукой-манипуляторов с целью захвата кубика, для чего создана система Dactyl [6]. Также OpenAI была выпущена библиотека gym, которая предоставляет набор тестовых задач с общим интерфейсом для применения и отработки различных алгоритмов обучения.

1 Модель движения робота-куба

Уравнения плоского движения куба

$$\begin{aligned} & m\frac{d\bar{V}_0}{dt} = -m\bar{g} + \sum_{i=1}^{4}(\bar{\lambda}_{n,i} + \bar{\lambda}_{t,i}), \\ & I\frac{d\omega}{dt} = \sum_{i=1}^{4}(\bar{r}_i \times (\bar{\lambda}_{n,i} + \bar{\lambda}_{t,i}))|_z + u, \end{aligned} \tag{1}$$

$$0 \le y_i \perp \lambda_{n,i} \ge 0, \tag{2}$$

$$\begin{aligned} & \dot{x}_i = 0, -\mu\lambda_{n,i} \le \lambda_{t,i} \le \mu\lambda_{n,i}, \\ & \dot{x}_i > 0, \lambda_{t,i} = -\mu\lambda_{n,i}, \\ & \dot{x}_i < 0, \lambda_{t,i} = \mu\lambda_{n,i}. \end{aligned} \tag{3}$$

Здесь V_0 — скорость центра масс куба, r_i — радиус-векторы вершин, $\bar{F}_i^N$ и $\bar{F}_i^T$ — силы реакции поверхности в этих точках. Запись $0 \le y_i \perp F_i^N \ge 0$ означает, что при наличии касания пола точкой i только одна из величин y_i и N_i^y не равна 0, и обе они больше либо равны 0. ω — угловая скорость тела. Последние 3 уравнения описывают закон трения Кулона, т.е. сухое трение и трение покоя в точках контакта.

Случай с ненулевым трением может быть сведен к линейной задаче дополнительности с помощью следующих переобозначений.

Можно упростить задачу: будем рассматривать единственную точку контакта, ровная поверхность пола, положим m=1,I=1.

$$\ddot{x} = \lambda_x$$
$$\ddot{z} = -g + \lambda_z$$
$$\ddot{\theta} = \lambda_z \sin\theta + \lambda_x \cos\theta + u,$$

где $\lambda_x^+ - \lambda_x^- = \lambda_x$.

В случае проскальзывания можно выразить λ_z через переменные состояния

$$\lambda_z = \frac{g - u\sin\theta - \cos\theta\dot{\theta}^2}{1 + \sin^2\theta - sign(V_1)\mu\sin\theta\cos\theta}$$

Как, управляя моментом, приложенным к кубу, переместить его в нужную точку?

У такой системы будет 3 режима:

1. Свободное движение в отсутствие контакта (3 степени свободы)
2. Контакт с проскальзыванием (2 степени свободы)
3. Контакт без проскальзывания (1 степень свободы)

2 Обучение с подкреплением

Движение в режиме 2 напоминает задачу о тележке с перевернутым маятником. Задача о тележке является популярным "тестовым стендом" для различных алгоритмов управления. В их число входят и алгоритмы машинного обучения и обучения с подкреплением, начиная от классических статей [2] и кончая окружением cartpole из среды OpenAI gym.

При этом, однако, постановка задачи как правило отличается от принятой в теории управления.

A pole is attached by an un-actuated joint to a cart, which moves along a frictionless track. The system is controlled by applying a force of +1 or -1 to the cart. The pendulum starts upright, and the goal is to prevent it from falling over. A reward of +1 is provided for every timestep that the pole remains upright. [8]

Мы видим, что управление дискретно, а максимизация описанной функции награды обеспечивает лишь то, что маятник не упадет, но не ведет, вообще говоря, даже к стабилизации его верхнего положения равновесия, и тем более к стабилизации положения всей системы.

Для решения задачи стабилизации необходимо рассмотреть другую функцию награды. По аналогии с другими робототехническими исследованиями (напр. [7]), используем расстояние до заданной точки.

Поскольку функция награды должна возрастать при приближении к целевому состоянию, расстояние было учтено следующим образом:

$$r = 100e^{-10((x_1 - x^*)^2 + (y_1 - y^*)^2)} - 20,$$

где x^*, y^* – желаемое положение конца маятника. Данная функция выбрана так, чтобы иметь ярко выраженный максимум окрестности целевой точки, "штрафовать" агента за слишком сильное удаление от нее и иметь всюду ненулевой градиент.

Помимо награды, в стандартном окружении cartpole-v1 gym было модифицировано управление. От дискретного управления, равного ± 1, мы перешли к непрерывной силе $F \in [-100,100]$.

3 Результаты

Для тестирования были выбраны методы, реализованные в пакете Stable Baselines [3].

Контроллер обучался по алгоритмам DDPG, SAC и GAIL в течение 10^6 итераций. В случае GAIL использовалось предобучение с помощью линейного регулятора, удовлетворительно решавшего исходную задачу.

Начальное и целевое положения системы задавались случайным образом в заданных пределах. При выходе за допустимые рамки (± 30 угол отклонения,± 2.4м перемещение), либо по истечении 5000 шагов по времени эпизод останавливался, и обучение перезапускалось. Параметры методов оптимизации брались из пакета Stable Baselines.

К сожалению, ни один из представленных алгоритмов не справился с обучением. Обученный контроллер как правило немедленно нарушал установленные ограничения.

Причины такого провала не вполне ясны. Рассмотренная система является, по меркам теории управления, довольно простой и хорошо изученной. Для нее предложены десятки различных законов управления, даже самые простые из которых удовлетворительно решают задачу в рассматриваемой области. Один из них использовался для предобучения нейронной сети, что однако не дало ожидаемого эффекта.

Литература

1.*Marcin Andrychowicz, Filip Wolski, Alex Ray, Jonas Schneider, Rachel Fong, Peter Welinder, Bob McGrew, Josh Tobin, OpenAI Pieter Abbeel, and Wojciech Zaremba.* Hindsight experience replay. In Advances in Neural Information Processing Systems, pages 5048–5058, 2017.

2. *Andrew G Barto, Richard S Sutton, and Charles W Anderson*. Neuronlike adaptive elements that can solve difficult learning control problems. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, (5):834–846, 1983.

3. Ashley Hill, Antonin Raffin, Maximilian Ernestus, Adam Gleave, Rene Traore, Prafulla Dhariwal, Christopher Hesse, Oleg Klimov, Alex Nichol, Matthias Plappert, Alec Radford, John Schulman, Szymon Sidor, and Yuhuai Wu. Stable baselines. https://github.com/hill-a/stable-baselines, 2018.

4. Timothy P Lillicrap, Jonathan J Hunt, Alexander Pritzel, Nicolas Heess, Tom Erez, Yuval Tassa, David Silver, and Daan Wierstra. Continuous control with deep reinforcement learning. arXiv preprint arXiv:1509.02971, 2015.

5. Volodymyr Mnih, Kavukcuoglu Koray, David Silver, Alex Graves, Ioannis Antonoglou, and Riedmiller Martin. Playing atari with deep reinforcement learning. In Workshop on Deep Learning, NIPS, 2013.

6. OpenAI, Marcin Andrychowicz, Bowen Baker, Maciek Chociej, RafaE, JГizefowicz, Bob McGrew, Jakub Pachocki, Arthur Petron, Matthias Plappert, Glenn Powell, Alex Ray, Jonas Schneider, Szymon Sidor, Josh Tobin, Peter Welinder, Lilian Weng, and Wojciech Zaremba. Learning dexterous in-hand manipulation. CoRR, 2018.

7. *Axel Rottmann, Christian Plagemann, Peter Hilgers, and Wolfram Burgard*. Autonomous blimp control using model-free reinforcement learning in a continuous state and action space. In *2007 IEEE/RSJ International* Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 1895–1900. IEEE, 2007.

8. Cartpole-v1 gym. https://gym.openai.com/envs/CartPole-v1/.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНИВАЕМЫХ СИГНАЛОВ В НАБЛЮДАТЕЛЯХ СОСТОЯНИЯ И ВОЗМУЩЕНИЙ[56]

Уткин В.А., Краснова С.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва , ул. Профсоюзная д.65
vicutkin@ipu.ru, skrasnova@list.ru

Аннотация: Для наблюдателя состояний и возмущений рассматривается стандартный синтез разрывных корректирующих воздействий, предполагающий возникновение идеальных скользящих режимов в виртуальном пространстве ошибок наблюдения. На практике возникает реальный скользящий режим в пограничном слое поверхности переключения. Предложены способы повышения точности оцениваемых сигналов путем варьированию амплитуд разрывных корректирующих воздействий.

Ключевые слова: наблюдатель состояния и возмущений, скользящий режим, точность оценивания.

Введение

В системах автоматического управления одним из методов обеспечения инвариантности по отношению к внешним согласованным возмущениям является комбинированное управление с компенсацией внешних возмущений на основе их оценок, полученных с помощью динамических наблюдателей. В отличие от асимптотических наблюдателей состояния, наблюдатели с разрывными корректирующими воздействиями, функционирующие в скользящем режиме, при определенных условиях позволяют по имеющимся измерениям получить оценки неизмеряемых переменных состояния и внешних возмущений без использования динамической модели, имитирующей внешние возмущения [1, 2]. Стандартная настройка такого наблюдателя, представленная в разделе 1, сводится к выбору постоянных амплитуд разрывных корректирующих воздействий на основе неравенств и обеспечивает последовательное возникновение скользящих режимов в виртуальном пространстве ошибок наблюдения. В теории рассматриваются идеальные скользящие режимы с бесконечной частотой переключения и движением изображающей точки точно по поверхности разрыва. Однако на практике возникает реальный скользящий режим (с большой, но конечной частотой переключения) в пограничном слое поверхности разрыва, ширина которого прямо пропорциональна амплитуде разрывного управления [3]. При этом на полезный сигнал накладывается паразитная высокочастотная составляющая, что приводит к снижению качества оценивания. В разделе 2 для повышения точности оцениваемых сигналов предлагаются способы снижения допустимых значений амплитуд разрывных

[56] *Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-01-00846А).*

корректирующих воздействий на примере линейной канонической системы с одним входом и одним выходом при действии внешнего, согласованного возмущения.

1 Стандартная процедура синтеза наблюдателя на скользящих режимах

Рассматривается линейная каноническая система при действии внешнего возмущения

(1) $$\dot{x}_i = x_{i+1}, i = \overline{1, n-1}, \dot{x}_n = a^T x + f(t) + u,$$

где $x = \mathrm{col}(x_1, ..., x_n) \in R^n$ – вектор состояний; $x_1(t) \in R$ – выходная (измеряемая) переменная; для неизмеряемых переменных $x_i(t)$, $i = \overline{2, n}$ известны границы начальных условий $|x_i(0)| \le X_{0i}$; $a^T = (a_1, ..., a_n)$ – постоянные, известные коэффициенты, $u \in R$ – управление, $f(t)$ – неконтролируемое внешнее возмущение, $|f(t)| \le F$, $t \ge 0$, где F – известная константа.

Очевидно, что система (1) является управляемой и наблюдаемой, внешнее возмущение – согласованным. Не детализируя цель и закон управления, для синтеза комбинированной обратной связи ставится задача оценивания неизмеряемых сигналов $x_i(t), i = \overline{2, n}$, $f(t)$ с помощью динамического наблюдателя состояния без ввода динамической модели внешнего возмущения. В таком случае требуется использовать «силовые» методы при синтезе корректирующих воздействий наблюдателя: большие коэффициенты [4, 5] или разрывные управления с организацией скользящего режима [1–3]. Первый подход, как правило, приводит к существенному всплеску вначале переходных процессов, поэтому непосредственно неприменим в системах с линейным управлением. Целесообразно использовать всюду ограниченные, разрывные корректирующие воздействия.

Рассмотрим процедуру синтеза наблюдателя состояния и возмущений на скользящих режимах [1], которой стандартно строится как реплика системы (1) в виде

(2) $$\dot{z}_i = z_{i+1} + v_i, i = \overline{1, n-1}, \dot{z}_n = a^T z + u + v_n,$$

где $z = \mathrm{col}(z_1, ..., z_n) \in R^n$ – вектор состояния наблюдателя, $v = \mathrm{col}(v_1, ..., v_n) \in R^n$ – разрывные корректирующие воздействия, и дополняется *n* фильтрами с малыми постоянными времени

(3) $$\mu_i \dot{\tau}_i = -\tau_i + v_i, \mu_i > 0, i = \overline{1, n}.$$

Ставится задача стабилизации ошибок наблюдения за заданное время: $\varepsilon_i(t) = x_i(t) - z_i(t) = 0$, $i = \overline{1, n}$, $t > T > 0$. Эта задача решается на основе системы, полученной в силу (1)–(2) в виде:

(4) $$\dot{\varepsilon}_i = \varepsilon_{i+1} - v_i, i = \overline{1, n-1}, \dot{\varepsilon}_n = a^T \varepsilon + f - v_n.$$

Опишем стандартную процедуру синтеза разрывных корректирующих воздействий, основанную на методе разделения движений. Разобьем заданный интервал $[0; T]$ на *n* отрезков с помощью точек $0 \le t_1 < t_2 < ... < t_{n-1} < t_n \le T$. При выборе разрывных корректирующих воздействий в виде

(5) $$v_1 = M_1 \operatorname{sgn} \varepsilon_1, v_i = M_i \operatorname{sgn} \tau_{i-1}, i = \overline{2, n},\ M_i = \mathrm{const} > 0,$$

где амплитуды выбираются на основе достаточных условий возникновения скользящих режимов [3]

(6) $$\varepsilon_i \dot{\varepsilon}_i < 0\ (i = \overline{1, n}) \Rightarrow M_i > |\varepsilon_{i+1}|,\ i = \overline{1, n-1};\ \ M_n > a_n |\varepsilon_n| + F$$

при $a_n > 0$; $M_n > F$ при $a_n \le 0$,

в замкнутой системе (3)–(5) последовательно возникают скользящие режимы в виртуальном пространстве ошибок наблюдения на пересечении поверхностей $\varepsilon_i = 0$, и справедливы соотношения:

(7)
$$S_1 = \{\varepsilon_1 = 0\} \Rightarrow z_1(t) = x_1(t), \dot{\varepsilon}_1 = \varepsilon_2 - v_{1eq} = 0 \Rightarrow v_{1eq} = \varepsilon_2, \lim_{\mu_1 \to 0} \tau_1 = v_{1eq} \Rightarrow \operatorname{sgn} \tau_1(t) = \operatorname{sgn} \varepsilon_2(t), t > t_1;$$

$$S_i = \{S_{i-1} \cap \varepsilon_i = 0\} \Rightarrow z_i(t) = x_i(t), \dot{\varepsilon}_i = \varepsilon_{i+1} - v_{ieq} = 0 \Rightarrow v_{ieq} = \varepsilon_{i+1}, \lim_{\mu_i \to 0} \tau_i = v_{ieq} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \operatorname{sgn} \tau_i(t) = \operatorname{sgn} \varepsilon_{i+1}(t), t > t_i, i = \overline{2, n-1};$$

$$S_n = \{S_{n-1} \cap \varepsilon_n = 0\} \Rightarrow z_n(t) = x_n(t), \dot{\varepsilon}_n = f - v_{neq} = 0 \Rightarrow v_{neq} = f, \lim_{\mu_n \to 0} \tau_n(t) = v_{neq}(t) = f(t), t > t_n,$$

где v_{ieq} – непрерывное, среднее значение разрывного управления, полученное после фильтрации (3).

Итак, оценками неизмеряемых сигналов служат переменные наблюдателя $z_i(t) = x_i(t)$, $t > t_i$, $i = \overline{2,n}$ и последнего фильтра $\tau_n(t) \approx f(t)$, $t > t_n$, что и решает поставленную задачу наблюдения.

Заметим, что в данном алгоритме установочные значение постоянных амплитуд достаточно велики, так как при анализе достаточных условий (6) учитываются худшие оценки области изменения ошибок наблюдения. Проблема заключается в том, что только в первом уравнении системы (4)–(5) $\operatorname{sgn} v_1 = \operatorname{sgn} \varepsilon_1$ при $t \geq 0$, что обеспечивает монотонную сходимость $\varepsilon_1(t)$ в нуль при любых начальных условиях (обратим внимание, что с учетом измерений можно установить $z_1(0) = x_1(0) \Rightarrow \varepsilon_1(0) = 0$ и $t_1 = 0$). В остальных уравнениях совпадение знаков $\operatorname{sgn} \tau_{i-1} = \operatorname{sgn} \varepsilon_i$, $i = \overline{2,n}$ на интервале $[0; t_{i-1}]$ в общем случае не имеет места и обеспечивается только при $t > t_{i-1}$. Как следствие, в силу структуры системы (4) вначале наблюдается рост абсолютных значений ошибок наблюдения $\varepsilon_i(t)$, $i = \overline{2,n}$, а их монотонная сходимость к нулю гарантируется только при $t > t_{i-1}$.

Пусть, например $z(0) = \vec{0} \Rightarrow |\varepsilon_i(0)| \leq X_{0i}$, $i = \overline{1,n}$. Тогда, например, для нейтральной системы (4), где $a = \vec{0}$, выбор амплитуд (6) с учетом заданного времени $T > 0$ основан на следующих оценках:

(8) $$|\varepsilon_1(t)| \leq |\varepsilon_1(0)| < X_{01},\ |\varepsilon_i(t)| \leq |\varepsilon_i(t_{i-1})| < X_{0i} + (E_{i+1} + M_i)t_{i-1} = E_i,\ i = \overline{2,n},\ E_{i+1} := F,$$

(9) $$M_i > \frac{E_i}{t_i - t_{i-1}} + E_{i+1} = \frac{X_{0i} + (E_{i+1} + M_i)t_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} + E_{i+1}, M_i > \frac{X_{0i} + E_{i+1}t_i}{t_i - 2t_{i-1}}, t_i > 2t_{i-1}, i = \overline{n,2},$$

$M_1 > \frac{X_{01}}{t_1} + E_2$, где при $0 < \Delta t = t_1 = t_i - 2t_{i-1}$, $i = \overline{2,n}$,

имеем: $T = \Delta t(1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \ldots + 2^{n-1}) \Rightarrow 0 < \Delta t \leq T/(2(2^{n-1} - 1) + 1)$.

2 Повышение точности оцениваемых сигналов

Процедура (7) описывает идеальную ситуацию, когда частота переключений в скользящем режиме бесконечна, быстрая динамика фильтров (3) не учитывается. При микропроцессорной реализации частота переключений большая, но конечная, что приводит к реальному скользящему режиму в пограничном слое $|\varepsilon_i(t)| \leq \delta_i(M_i), t > t_i$, где на полезные сигналы накладываются нерегулярные высокочастотные составляющие, что отразится на качестве управляющего сигнала и управляемого процесса. Для уменьшения пограничного слоя следует по возможности уменьшать амплитуды разрывных корректирующих воздействий.

Из (9) следует, что уменьшение заданного значение $T > 0$ в данном алгоритме приводит к резкому росту нижних оценок для выбора амплитуд. Кроме того, выбор амплитуды M_i зависит от выбора M_{i+1}, поэтому алгоритм настройки существенно усложняется при $a \neq \vec{0}$, а при $a_n > 0$ адекватно выбрать M_n с сохранением иерархии не представляется возможным. Указанных проблем можно избежать, если на интервале $[0; t_{i-1})$ оставлять i-е ($i = \overline{2,n}$) уравнения наблюдателя (2) разомкнутым и включать коррекцию v_i (5) только при $t \geq t_{i-1}$. Это несколько снизит оценочные значения (9) и позволит выбирать амплитуды M_i независимо друг от друга. Еще один прием заключается в использовании переменной, минимально возможной амплитуды в установившемся состоянии, используя сигналы фильтров, дающие оценки правых частей уравнений (4), а именно:

(10) $$M_1(t) = \begin{bmatrix} M_1 = \text{const}, t \in [0; t_1], \\ M_{1\text{var}} = |\tau_1(t)| + \alpha, t > t_1; \end{bmatrix} \quad M_i(t) = \begin{bmatrix} 0,\ t \in [0; t_{i-1}), \\ M_i = \text{const}, t \in [t_{i-1}; t_i], \\ M_{i\,\text{var}} = |\tau_i(t)| + \alpha, t > t_i, i = \overline{2,n}, \end{bmatrix}$$

где $\alpha > 0$ – малая константа, а $M_i = \text{const}$ выбираются на основе неравенств (8)–(9) при $M_{i+1} = 0$.

Если известно, что в управляемом процессе переменные состояния ограничены $|x_i| \leq X_i$, $i = \overline{2,n}$, $t \geq 0$, то вместе с логикой настройки (10) можно также использовать наблюдатели другой структуры:

(11) $\dot{z}_i = z_{i+1} + v_i, i = \overline{1, n-1}, \dot{z}_n = a^T x + u + v_n$ или $\dot{z}_i = v_i, i = \overline{1, n-1}, \dot{z}_n = u + v_n$.

В наблюдателях (11), (3) снимается проблема выбора амплитуд при $a_n > 0$. В первом наблюдателе (11) настройка амплитуд корректирующих воздействий (5) выполняется на основе неравенств (8)–(9), где $E_{i+1} := F + |a_1| X_1 + ... + |a_1| X_2$, и $f(t) \approx \tau_n(t) - a^T z$, $t > t_n$. Для второго наблюдателя (11) установочные выражения (5)–(6) имеют вид

$$v_1 = M_1 \operatorname{sgn} \varepsilon_1, v_i = M_i \operatorname{sgn}(\tau_{i-1} - z_i), i = \overline{2, n}; \; M_i > X_{i+1}, \; i = \overline{1, n-1}; \; M_n > |a_1| X_1 + ... + |a_n| X_n + F$$

и не требуют оценивания области изменения ошибок наблюдения, если время T не задано. Кроме того, наблюдатели (11) позволяют оценить $x_i(t), \overline{2, n}$, если параметры a_i точно не известны.

Полученные результаты могут быть распространены на системы общего вида, представленные в блочной форме наблюдаемости с учетом внешних возмущений [1].

Литература

1. *Краснова С.А., Уткин В.А.* Каскадный синтез наблюдателей состояния динамических систем. – М.: Наука, 2006. – 272 с.
2. *Edwards C., Spurgeon S.* Sliding mode control: theory and applications. – Taylor & Francis, 1998. – 237 p.
3. *Емельянов С.В., Коровин С.К.* Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. – М.: Наука. ФИЗМАТЛИТ, 1997. – 352 с.
4. *Коровин С.К., Фомичев В.В.* Наблюдатели состояния для линейных систем с неопределенностью. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 224 с.
5. *Khalil H.K., Praly L.* High-gain observers in nonlinear feedback control // Int. J. Robust and Nonlinear Control. Vol. 24. 2014, № 6. P. 993–1015.

СЕКЦИЯ 6: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ БАНКОВСКИХ И ФИНАНСОВЫХ СИСТЕМ

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ В ОДНОПЕРИОДНЫХ ФИНАНСОВЫХ СДЕЛКАХ С УЧЕТОМ ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК

Аль-Натор М.С., Аль-Натор С.В., Касимов Ю.Ф.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект д.49
malnator@yandex.ru, salnator@yandex.ru, y.f.kasimov@mail.ru

Аннотация: Для простейших и маржинальных сделок с трансакционными издержками получены основные формулы расчета цен безубыточности, предельных цен закрытия сделки и лимитов позиций для заданного уровня убыточности. Разработана программа расчёта указанных характеристик. Результаты работы могут быть использованы в торговых сделках для обеспечения заданного уровня безубыточности сделки.

Ключевые слова: простейшая однопериодная финансовая сделка, маржинальная сделка, длинная позиция, короткая позиция, длинная сделка, короткая сделка, полный доход, чистая реальная доходность.

Введение

Решая вопрос о реализации той или иной сделки полезно проанализировать некоторые варианты ее завершения и определить так называемые *граничные значения параметров* (*лимиты*), в соответствии с которыми инвестор может (или должен) принять то или иное решение, если он хочет получить ожидаемый результат. Прежде всего, это касается ситуаций, связанных с *неблагоприятными* относительно ожиданий инвестора движениями цены: ее падения в длинной и роста в короткой позиции. Так, инвестор должен знать *точку или цену безубыточности* сделки – цену, начиная с которой неблагоприятное ее изменение приводит к убытку. Если инвестор готов принять определенный убыток он должен определить *предельную цену*, при достижении которой он для предотвращения нежелательного убытка должен закрыть сделку. Или же, заранее определив цену выхода из сделки, он должен определить предельный размер позиции, при котором его потери в случае выхода из сделки будут не больше приемлемых.

Такого рода задачи относятся к задачам управления риском сделки или к риск-менеджменту (см. [1]). Детальный анализ понятия риска и связанных с ним проблем не является целью данной работы. Здесь же коснемся определения предельных (критических) значений цен и позиций, соответствующих заданному уровню допустимых потерь. Этот уровень задается относительно начального инвестированного капитала W_0 сделки, Он может задаваться в абсолютной (денежной) форме, в виде денежной суммы L_γ, или в относительной, в виде доли γ от величины капитала W_0. В любом случае каждая из этих характеристик однозначно определяет другую:

$$L_\gamma = \gamma W_0, \;\; \gamma = \frac{L_\gamma}{W_0}.$$

Ниже мы будем использовать основные формулы, определяющие важнейшие характеристики, такие как прибыль и доходность однопериодных простейших и маржинальных сделок с учетом комиссии, налогов и инфляции из (подробнее см. [2]).

Работа состоит из двух частей. В первой части рассмотрены простейшие (немаржинальные) длинные и короткие финансовые сделки. Получены выражения цен безубыточности и предельные цены закрытия сделки для заданного уровня (без)убыточности, обеспечивающие этот уровень безубыточности. Предельные цены в простейших сделках не зависят от размера позиции, поэтому они сразу могут использоваться в формировании лимитных и стоп-лосс приказов (ордеров) на закрытие сделки. Во второй части рассмотрены маржинальные сделки. Здесь также рассмотрены как длинные так и короткие сделки. Но в отличие от простейших сделок для маржинальных сделок предельные цены зависят от размера позиций и определяются одновременно с уровнем начальной маржи.

1 Предельные цены и лимиты позиций в простейших сделках

1.1 Безубыточные и предельные цены закрытия сделки

Рассмотрим сделки с заданным капиталом $W_0 > 0$. Пусть начальная цена актива P_0, его текущий доход $I_A^{(c)}$, а коэффициент убыточности γ. Тогда предельно допустимый убыток в сделке определяется как $L_\gamma = \gamma W_0$. Какую цену закрытия сделки должен назначить инвестор в случае неблагоприятного движения рынка. Безубыточные цены закрытия сделки в этом случае будут равны

$$\mathrm{P_1} = \frac{\mathrm{P_0}(1+\alpha) - \mathrm{I_A^{(c)}}}{1-\alpha} \tag{1}$$

для длинной и

$$\mathrm{P_1} = \frac{\mathrm{P_0}(1-\alpha) - \mathrm{I_A^{(c)}}}{1+\alpha} \tag{2}$$

для короткой сделки. Здесь α – комиссия. Как было отмечено выше, эти цены не зависят от размера позиции и начального капитала. Формулы (1) и (2) верны при учете комиссии α, ставки налога τ на полный доход.

Лимиты цен для заданного коэффициента убыточности γ для сделок с комиссией α определяются формулами

$$\mathrm{P_1^\gamma} = \frac{(1+\alpha)(1+\gamma)\mathrm{P_0} - \mathrm{I_A^{(c)}}}{(1-\alpha)}$$

для длинной и

$$\mathrm{P_1^\gamma} = \frac{(1-\alpha+\alpha\gamma)\mathrm{P_0} - \mathrm{I_A^{(c)}}}{1+\alpha}$$

для короткой сделки.

Это значит, что при цене закрытия $P_1 \geq P_1^\gamma$ в длинной и $P_1 \leq P_1^\gamma$ в короткой сделке возможный убыток (если он есть) с учетом комиссии будет не больше доли γ от начального капитала сделки. В случае $\gamma = 0$ эти формулы дают значения цен безубыточности.

Интерес представляет задача о нахождении лимита цен для заданного уровня чистой реальной доходности или убыточности r_* (учитываются комиссия α, налог τ на общий доход и темп инфляции δ за период сделки). Для заданного уровня доходности $r_* \geq \gamma \geq 0$ имеем

$$\mathrm{P_1^*} = \frac{(1+\alpha)(1+\gamma')\mathrm{P_0} - \mathrm{I_A^{(c)}}}{1-\alpha}$$

для длинной и

$$\mathrm{P_1^*} = \frac{(1-\alpha+\alpha\gamma')\mathrm{P_0} - \mathrm{I_A^{(c)}}}{1+\alpha}$$

для короткой сделки. Здесь

$$\gamma' = \frac{(1+\gamma)(1+\delta)-1}{1-\tau}.$$

Для заданного уровня убыточности r_*: $|r_*| \leq \gamma \geq 0$ имеем

$$\mathrm{P_1^*} = \frac{(1+\alpha)(1-\gamma'')\mathrm{P_0} - \mathrm{I_A^{(c)}}}{1-\alpha}$$

для длинной и

$$P_1^* = \frac{(1-\alpha+\alpha\gamma'')P_0 - I_A^{(c)}}{1+\alpha}$$

для короткой сделки. Здесь $\gamma'' = |(1-\gamma)(1+\delta)-1|$.

2 Лимиты цен и позиций в маржинальных сделках

2.1 Безубыточные и предельные цены закрытия сделки

Рассмотрим длинную маржинальную сделку с позицией z и начальной маржей μ_0. (см. [2]). Пусть начальная и конечная цены актива сделки P_0 и P_1 соответственно. Пусть также j – процентная ставка по маржинальному кредиту за период сделки. Цена безубыточности сделки определяется формулой

$$P_1^{\text{безуб}} = \frac{P_0[(1+\alpha)+(1-\mu_0)j] - I_A^{(c)}}{1-\alpha}.$$

Для короткой сделки эта формула примет вид:

$$P_1^{\text{безуб}} = \frac{P_0[(1-\alpha)-j] - I_A^{(c)}}{1+\alpha}.$$

2.2 Лимиты цен для заданного коэффициента безубыточности γ

Предельная цена закрытия длинной сделки, обеспечивающей заданный уровень (без)убыточности γ равна

$$P_1^{\gamma} = \frac{P_0[(1+\alpha)+(1-\mu_0)j - \gamma(\mu_0+\alpha)] - I_A^{(c)}}{1-\alpha}. \quad (3)$$

Для короткой сделки она примет вид:

$$P_1^{\gamma} = \frac{P_0[(1-\alpha)-j+\gamma(\mu_0+\alpha)] - I_A^{(c)}}{1+\alpha}. \quad (4)$$

Как в п. 1.1. если рассматривать задачу о нахождении лимита цен для заданного уровня чистой реальной доходности или убыточности r_* (учитываются комиссия α, налог τ на общий доход и темп инфляции δ за период сделки), то в формулах (3), (4) следует заменить γ на γ' и γ'' соответственно.

2.3 Лимиты позиций для заданного коэффициента убыточности

Рассмотрим сначала длинную маржинальную сделку с начальной маржей μ_0 и с комиссией α. Начальному капиталу W_0 в длинной сделке с комиссией соответствует начальная стоимость позиции

$$S_0 = \frac{W_0}{\mu_0(1+\alpha)} \quad \text{и позиция} \quad z = \frac{W_0}{\mu_0(1+\alpha)P_0}.$$

Начальная и конечная цены и ставка комиссии однозначно определяют допустимый уровень начальной маржи μ_0, а заданный начальный капитал и предельный размер позиции z:

$$\mu_0 = \frac{P_0[(1+\alpha)+j-\alpha\gamma] - P_1(1-\alpha) - I_A^{(c)}}{(j+\gamma)P_0}, \quad z = \frac{W_0}{(\mu_0+\alpha)P_0}.$$

Для короткой сделки получаем минимальное значение начальной маржи

$$\mu_0 = \frac{P_1(1-\alpha) - P_0[(1+\alpha)-j+\alpha\gamma] + I_A^{(c)}}{\gamma P_0}.$$

Соответствующая предельная позиция равна $z = \frac{-W_0}{(\mu_0+\alpha)P_0}$

Литература

1. Белолуцкий И.В. Торговля на биржах: работай и зарабатывай. Ростов-на_Дону: Феникс, 2012. – 187с.

2. Касимов Ю.Ф., Аль-Натор М.С., Колесников А.Н. Основы Финансовых вычислений: Основные схемы расчета финансовых сделок. Учебник. – М.: Кнорус, 2017. – 327с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ

Баско Ф.Д.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект д.49
allwinnera13@ya.ru

Аннотация: В данной работе представлен сравнительный анализ двух портфелей ценных бумаг, построенных на основе портфельной теории Гарри Марковица с использованием активной и пассивной стратегии управления. Проведен эксперимент по рассмотрению портфелей максимальной эффективности.

Ключевые слова: стратегии управления, эффективность, портфельная теория.

Введение

На современном этапе развития фондового рынка существует множество частных инвесторов, которые являются его активными участниками. Каждый инвестор имеет своей целью извлечение прибыли при условии её максимизации с наименьшими возможными потерями. Для достижения поставленной цели ему необходимо сформировать структуру своего инвестиционного портфеля на основании анализа ожидаемой доходности от вложения, срока инвестирования, а также предполагаемых рисков. В процессе инвестирования также немаловажным фактором является грамотное управление портфелем ценных бумаг, своевременное внесение коррективов в структуру портфеля.

Целью работы является изучение особенностей формирования портфелей ценных бумаг на основе различных теорий, а также проведение их сравнительного анализа.

Объектом исследования являются частные инвесторы, осуществляющие инвестиционную деятельность на фондовом рынке.

Предметом изучения является процесс формирования индивидуального инвестиционного портфеля.

1 Концепции и теории портфельного инвестирования

Современная теория портфельного инвестирования (MPT) сформулирована Гарри Марковицем. В своей работе «Выбор портфеля» он описал основные идеи формирования портфеля ценных бумаг. Согласно его теории, ценные бумаги можно объединять в портфель с целью диверсификации рисков и получения дохода [3].

Пост-современная теория портфельного инвестирования (PMPT) основана на применении активной стратегии с целью повышения контроля за характеристиками портфеля ценных бумаг в условиях изменчивой рыночной конъюнктуры.

PMPT является продолжением современной портфельной теории, однако имеет ряд отличий от нее. Ее основателями считаются американские экономисты Стивен Алан Росс и Ричард Ролл [4]. Сопоставление авторства, применяемых стратегий инвестирования, а также моделей ценообразования, на основе которых моделируется ожидаемая цена активов, представлено в таблице1.

Таблица 1. Сопоставление MPT и PMPT

Классическая школа	**Неоклассическая школа**
Гарри Марковиц	Стивен Алан Росс Ричард Ролл
Стратегия	
Пассивная	Активная
Теория	
Modern Portfolio Theory (MPT)	Post-Modern Portfolio Theory (PMPT)
Модель ценообразования	
CAPM	APT

2 Формирование портфеля ценных бумаг и управление им

Формирование портфеля ценных бумаг будет производиться на период с сентября 2018 года по май 2019 года на основе ретроспективных данных о дневных котировках акций российских эмитентов с 02.05.2018 по 30.04.2019.

В качестве акций, входящих в портфель ценных бумаг, мы выбрали акции таких компаний, как Северсталь, Алроса и Группа НЛМК. Данные компании являются ведущими в таких отраслях как добыча алмазов и металлургия. Эти отрасли являются сильнейшими отраслями российской экономики.

Приведем общий алгоритм построения портфеля ценных бумаг:

Шаг 1. Экспорт котировок акций российских компаний;

Шаг 2. Вычисление ожидаемых доходностей и рисков акций;

Шаг 3. Вычисление средних ожидаемых доходностей и рисков акций;

Шаг 4. Определение степени зависимости изменения цен каждой из акций от изменения цен на две другие акции.

Шаг 5. Вычисление ожидаемого риска и доходности портфеля ценных бумаг.

Шаг 6. Вычисление значения коэффициента эффективности Шарпа;

Шаг 7. Вычисление долей, приходящихся на каждую ценную бумагу в портфеле.

Вычисление ожидаемой доходности акций производится по формуле (1):

$$\mu_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_{i-1}}, \quad (1)$$

где μ_i – доходность акции в период времени i,

P_i – цена закрытия торгов акциями в период времени i,

P_{i-1} – цена закрытия торгов акциями в период времени $i-1$.

Для вычисления ожидаемого риска каждой из акций воспользуемся формулой (2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{P})^2}{n}}, \quad (2)$$

где σ – риск акции,

P_i – цена закрытия торгов акциями в период времени i,

$\bar{P}$ – средняя цена закрытия акций.

В свою очередь, средняя цена закрытия акций вычисляется как среднее арифметическое цен за выбранный период времени.

Вычисление средних ожидаемых доходностей и рисков производится по формулам (3) и (4) соответственно:

$$\bar{\mu} = \frac{\sum \mu_i}{n}, \quad (3)$$

где $\bar{\mu}$ – средняя доходность,

n – количество дней, для которых имеется информация о доходности ценной бумаги, предшествующих дате составления портфеля.

$$\bar{\sigma} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{P})^2}{n}}}{P_n}, \quad (4)$$

где $\bar{\sigma}$ – средний риск акции,

P_n – цена закрытия торгов акциями в период времени n.

Степень зависимости изменения цен акций измеряется коэффициентом ковариации и вычисляется по формуле (5):

$$cov(P_i, P_j) = \frac{\sum(P_i - \bar{P}_i)(P_j - \bar{P}_j)}{n-1}, \quad (5)$$

где $cov(P_i, P_j)$ – коэффициент ковариации цен активов вида i и j.

Ожидаемый риск и доходность портфеля ценных бумаг, состоящего из трех активов, вычисляются по формулам (6) и (7):

$$\sigma_p = \sqrt{\omega_1^2\sigma_1^2 + \omega_2^2\sigma_2^2 + \omega_3^2\sigma_3^2 + 2 * (\omega_1\omega_2 cov_{1,2} + \omega_1\omega_3 cov_{1,3} + \omega_2\omega_3 cov_{2,3})}, \quad (6)$$

где ω_i – доля акции вида i в портфеле ценных бумаг.

$$\mu_p = \sum_{i=1}^{3} \mu_i\omega_i. \quad (7)$$

Коэффициент Шарпа вычисляется как отношение доходности портфеля ценных бумаг к его риску и обозначается через SH.

Вычисление долей акций, входящих в портфель ценных бумаг максимальной эффективности, производится путем решения следующей оптимизационной задачи (см. формулу 8):

$$(8) \qquad \begin{cases} SH \to max \\ \sigma_p > 0 \\ \sum \omega_i = 1 \end{cases}$$

В результате выполнения вышеописанных шагов мы получили портфель ценных бумаг, на 61,7% состоящий из акций компании Северсталь, на 38,3% - из акций компании НЛМК и на 0% - из акций компании Алроса. Ожидаемая эффективность портфеля составила 5,76% при значении доходности 0,13% и риска 2,24%.

На конец периода инвестирования реальная эффективность такого портфеля в случае применения пассивной стратегии инвестирования составила 1,52% при доходности в 0,07% и риске 1,72%.

Применим активную стратегию инвестирования, подразумевающую проведение ежемесячной ребалансировки портфеля (изменения его структуры), а также проведение ребалансировки по сигналу. Сигналом для нас будет выступать превышение эффективности портфеля при применении пассивной стратегии инвестирования над эффективностью портфеля при применении активной стратегии.

В нашем случае ребалансировка портфеля произошла 15 раз, в том числе 7 – по сигналу.

В результате применения активной стратегии управления портфелем ценных бумаг на конец инвестиционного периода его эффективность составила 2,85%, доходность – 0,13%, а риск – 4,69%.

На рисунке 1 представим график изменения эффективности инвестиционного портфеля в течение всего периода инвестирования.

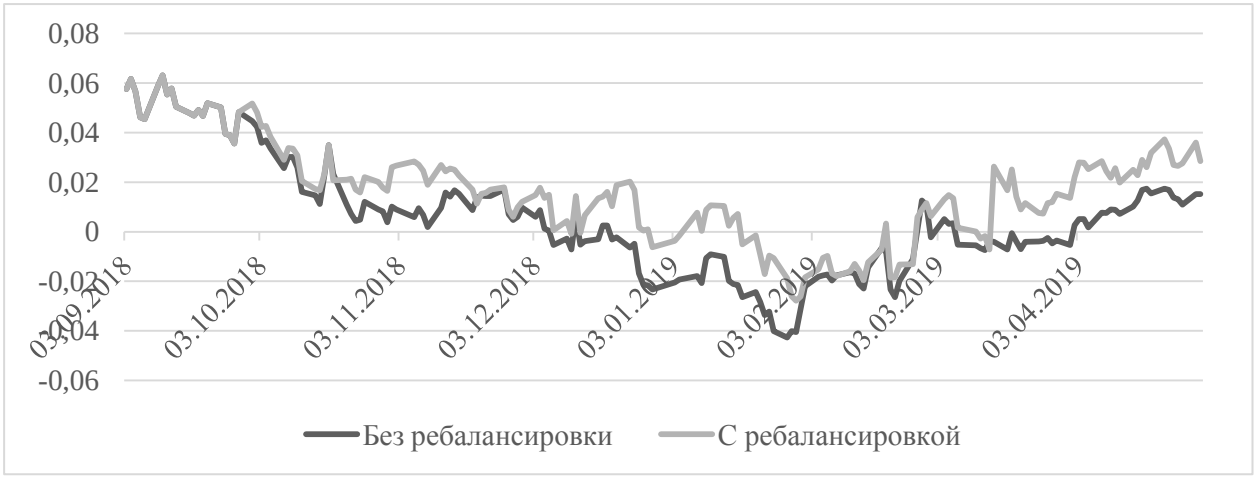


Рисунок 1. Эффективность инвестиционного портфеля

Очевидно, что повышение эффективности портфеля произошло за счет повышения как доходности, так и риска по сравнению с первоначально составленным портфелем.

Таким образом, средняя эффективность портфеля ценных бумаг при применении активной стратегии управления составила 1,63%, а при применении пассивной стратегии – 0,6%. Следовательно, активная стратегия управления портфелем ценных бумаг позволяет инвестору добиться лучших результатов своей деятельности по сравнению с пассивной стратегией.

Литература

1. Иванюк В.А., Андропов К.Н., Егорова Н.Е. Методы оценки эффективности и оптимизации инвестиционного портфеля // Фундаментальные исследования. 2016. № 3-3. С. 575-578.

2. Иванюк В.А., Цвиркун А.Д., Соловьев В.И. Оптимальный инвестиционный портфель и модели его формирования // В книге: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2017 Материалы Десятой международной конференции: в 2-х томах. Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова; Российская академия наук; Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2017. С. 210-212.

3. Марковиц Г. Выбор портфеля //Финансовый журнал. – 1952. – №. 7. – С. 77-91;

4. Roll R. A critique of the asset pricing theory's tests Part I: On past and potential testability of the theory //Journal of financial economics. – 1977. – Т. 4. – №. 2. – С. 129-176.

ВРЕМЯ - ДЕНЬГИ ИЛИ ВРЕМЯ КАК МИРОВАЯ ВАЛЮТА

Богомолов А.И., Невежин В.П.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский пр-т., 49

aibogomolov@fa.ru, vpnevezhin@fa.ru

Аннотация. В статье рассматриваются различные подходы к выявлению взаимосвязи времени и денег, обсуждаются вопросы становления, состояния и перспектив мировой валюты для стабильной мировой экономики. Предлагается рассмотреть возможность использования единиц времени как одной из мировых валют на основе оценки эффективности (производительности труда) национальных экономик путём использования взаимосвязанных показателей системы национальных счетов (СНС) и методики абсолютного паритета покупательной способности (АППС).

Ключевые слова: время, деньги, мировая валюта, система национальных счетов, абсолютный паритет покупательной способности

Введение

Доллар теряет свои позиции как мировой валюты. Наблюдается уменьшение покупательской способности доллара, у США имеются большие проблемы с внешним долгом и со своим внутренним бюджетом. Россия и Китай предпринимают активные меры к отказу от долларовой системы и в больших объемах скупают золото. Многие страны заявили о переходе к политики дедолларизации. Период регионализации валют неизбежен, тем не менее, необходимость единой общепринятой мировой валюты практически никем не оспаривается. Поэтому стало появляться все больше прогнозов о том, что станет валютой будущего. Предлагается, основываясь на фундаментальном понятии и роли времени в экономике и экономической науке, рассмотреть возможность использования единиц времени, через понятие трудоёмкости экономик, в качестве мировой валюты.

1 Взаимосвязь времени и денег

Общепринятое авторство **фразы** «Время – деньги» (**Time is money** - англ.) принадлежит видному американскому политическому деятелю и учёному Бенджамину Франклину (1706 – 1790 гг.) [3], который впервые употребил его в своей книге «Совет молодому купцу». Между временем и деньгами существует прямая зависимость. Нет времени, нет и денег.

Попытка напрямую связать затраченное время и полученный доход, а затем выразить стоимость товаров и услуг через единицы времени, была предпринята Яном Уокером [1], профессором экономики Уорвикского университета (Великобритания).

Если рассматривать экономику не среднего человека, а экономической системы, например, страны, то связь времени и денег демонстрирует и формула денежного обращения Ирвина Фишера [2]. Косвенно эта формула позволяет оценить и эффективность производства (экономики) страны.

Эффективность экономики зависит, прежде всего, от производительности труда. Производительность труда и вытекающие из неё экономические категории (стоимость и прочие), как показал ещё Карл Маркс [3], можно оценивать в единицах времени. *Рассматривая стоимости товаров К. Маркс говорил: «*Мы должны иметь возможность привести их все к одному, общему им всем выражению, различая их лишь по тем пропорциям, в каких они содержат в себе одну и ту же тождественную меру». Также он писал: «В конечном счете, любая экономия сводится к экономии времени».

Оценить состояние, эффективность и перспективы развития экономики на макроуровне в категориях и терминах рыночной экономики позволяют взаимосвязанные показатели системы национальных счетов (СНС) [4].

2 Программа международных сопоставлений (паритет покупательной способности)

Такая методика основана на использовании паритета покупательной способности (ППС). В 1985 г. проект был переименован в Программу международных сопоставлений (ПМС).

Паритет покупательной способности (ППС) - это эквивалент покупательной силы валют, показывающий количество денежных единиц страны А, необходимых для покупки некоего стандартного набора товаров и услуг, который можно купить за одну денежную единицу базовой страны Б (или условной валюты группы стран) [5].

Затем определяют, сколько стоит этот набор в национальной валюте конкретной страны (по ценам страны) и в долларах США (по ценам США). В результате такого сопоставления и определяется паритет меду этими валютами.

3 От оценки эффективности экономики на основе её стоимости и трудоёмкости к оценке её валюты в единицах времени

Уровень производительности труда оказывает влияние на величину стоимости товара. Допустим, стоимость национальной экономики определяется через систему национальных счетов (СНС) и составляет S_j, где j –условный номер экономики**.** Для оценки эффективности экономики выберем общую трудоёмкость T_j для 600-800 основных потребительских товаров и услуг, 200-300 основных инвестиционных товаров и 10-20 типичных строительных объектов из Программы международных сопоставлений (паритет покупательной способности). Общая трудоёмкость T_j определяется как сумма трудоёмкостей отдельных товаров (услуг)

(1) $T_j = \sum t_{ji}$,

где t_{ji} – трудоёмкость производства отдельного товара (услуги)

i – номер товара(услуги).

Очевидно, между параметрами S_j и T_j есть связь, которую можно записать, например, в виде:

(2) $T_j = \beta_j * S_j + \mu_j$

где β_j –курс национальной валюты в единицах времени,

μ_j –случайная величина, отражающая влияние внешних факторов (валютного рынка).

Если за основу для оценки эффективности экономик использовать взаимосвязанные показатели системы национальных счетов (СНС) и методику на основе ППС в целях получения сравнимых данных по возможно большему числу стран мира, то с учётом приведенных выше ограничений применения этих методик и будущих теоретических методов их преодоления, возможно построение общей концепции формирования мировой валюты на основе единиц времени.

Выводы

Использование времени для оценки эффективности экономик стран и экономических показателей больших экономических систем (корпораций, регионов и т.д.), а также использование единиц времени в качестве мировой расчётной валюты имеет целый ряд преимуществ.

1. Время является фундаментальным понятием, использование которого в экономической науке позволит ей преодолеть кризис, создать новые концепции и технологии управления экономическими процессами, в том числе в реальном масштабе.

2. Использование времени в экономической науке, как её фундамента, сблизит её с естественными науками и будет способствовать их взаимному обогащению.

3. Использование единиц времени в качестве единой расчётной мировой валюты на основе паритета покупательной способности (ППС) поможет устранить дисгармонию и несправедливость в обменных курсах национальных валют и способствовать ускоренному развитию догоняющих стран.

Литература

1. *Горохова В.Б.* Взаимосвязь времени и денег. Материалы региональной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. «Экономика и управление. Актуальные проблемы и поиск путей решения». Пермь, ПГНИУ, 20 апреля 2016 г., с. 33-38.
2. Уравнение обращения денег Фишера на практике. URL: http://macd.ru/articles/uravnenie-fishera/. (Дата обращения: 15.05.2019)
3. Экономическое учение Карла Маркса. URL: http://otherreferats.allbest.ru/economy/00192292_0.html. (Дата обращения: 14.05.2019)
4. Система национальных счетов. URL: http://www.grandars.ru/student/statistika/sistema-nacionalnyh-schetov.html. (Дата обращения: 19.06.2019)
5. Паритет покупательной способности. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. URL:https://ru.wikipedia.org. (Дата обращения: 21.05.2019)

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ АКЦИЙ РОССИЙСКИХ БАНКОВ

Баюк О.А., Берзин Д.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 49
oabayuk@fa.ru, dberzin@fa.ru

Аннотация: В работе исследованы варианты применения некоторых известных методов прогнозирования временных рядов для прогнозирования стоимости акций российских банков. Авторами исследована зависимость точности прогноза значений стоимости акций от используемого алгоритма прогнозирования. Кроме того, предложено усовершенствование применяемых алгоритмов. Исследована эффективность применения исследуемых методов на известных данных для некоторых банков российской банковской системы.

Ключевые слова: банки, акции, прогноз, скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание, экстраполяция многочленом.

Введение

Для прогнозирования временных рядов часто используются метод скользящего среднего и метод экспоненциального сглаживания. Мы исследовали эффективность использования указанных алгоритмов для прогноза значений стоимости акций российских банков. Для анализа были использованы данные по пяти российским банкам: Сбербанк России, ВТБ, РОСБАНК, МОСОБЛБАНК и Московский кредитный банк. Важным фактором, повлиявшим на отбор данных, является доступность этих данных по котировкам, так как не все брокерские сайты предоставляют информацию по банкам. Для исследования были использованы данные брокерского портала Finam.ru о ценах закрытия торгов на московской бирже.

Временной ряд – это случайная функция дискретного аргумента, как правило, моментов времени, интервалы, между которыми постоянны. Временной ряд задается как множество значений

$(y_1, y_2, \dots, y_n)$, для которых известны значение момента времени, к которому относится Y1, и шаг по времени, а y_i – значения функции (зависимая переменная), i=1,..,n. Задача прогнозирования заключается в предсказании одного или нескольких следующих членов этого ряда.

1 Метод скользящего среднего

Метод скользящего среднего используются для сглаживания и прогнозирования временных рядов. Этот метод не столь эффективен в случаях, когда такая тенденция нарушается, например, при стихийных бедствиях, военных действиях, общественных беспорядках, при резком изменении параметров внутренней или внешней ситуации (уровня инфляции, цен на сырье); при коренном изменении плана деятельности фирмы, терпящей убытки. Основная идея метода скользящего среднего состоит в замене фактических уровней исследуемого временного ряда их средними значениями, при этом сглаживаются случайные колебания. Таким образом, в результате получается сглаженный ряд значений исследуемого параметра, позволяющий более четко выделить основную тенденцию его изменения.

2 Экспоненциальное сглаживание

Экспоненциальное сглаживание используется для выравнивания временных рядов. При этом для определения сглаженного уровня используются значения только предшествующих уровней ряда, взятые с определенными весами. Вес наблюдения уменьшается по мере удаления его от момента времени, для которого вычисляется сглаженное значение.

Пусть имеется временной ряд: $y_1, y_2, \dots, y_n$. Соответствующие сглаженные значения уровней $S_1, S_2, \dots, S_n$:

$$S_k = \alpha S_{k-1} + (1-\alpha)y_k = y_k + \alpha(S_{k-1} - y_k),$$

где α – параметр сглаживания $(0 < \alpha < 1)$, $(1-\alpha)$ – коэффициент дисконтирования. Обычно $(0{,}1 < \alpha < 0{,}3)$.

3 Экстраполяция приближенным выражением для многочлена Тейлора

Для вычисленя прогнозируемых значений цен акций предлагается использовать приближение полинома Тейлора

$$y(x+h) \approx y(x) + y'(x)h + \frac{1}{2}y"(x)h^2 + \frac{1}{6}y'''(x)h^3.$$

Производные в последней формуле заменяются разделенными разностями соответствующих порядков

$$y'(x) \approx \frac{y_4 - y_3}{h},$$

$$y"(x) \approx \frac{y_4 - 2y_3 + y_2}{h^2},$$

$$y'''(x) \approx \frac{y_4 - 3y_3 + 3y_2 - y_1}{h^3}.$$

где

$$y_1 = y(x_1), \quad y_{i+1} = y(x_1 + i \cdot h), i = 1, 2, 3.$$

Таким образом, прогнозируемое значение цены акции в очередной момент времени определяется приближенной

$$y_5 \approx \frac{1}{6}(5y_1 + 6y_2 - 15y_3 + 10y_4),$$

Проведенные расчеты показали, что использование этого алгоритма весьма эффективно.

Нами было исследовано применение алгоритмов скользящего среднего и экспоненциального сглаживания совместно с описанным выше алгоритмом экстраполяции для прогнозирования цен акций пяти российских банков. Для этого использовались исходные временного ряда с шагом один день. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Кроме того, была исследована эффективность работы алгоритмов для исходного временного ряда с шагом семь дней. Проведенные расчеты показали, что среднее значение ошибки вычисления экстраполируемого значения в этом случае составляет 10% истинного значения, максимальное значение ошибки вычисления экстраполируемого значения при экстраполяции на три шага, то есть на 21 день – 20% истинного значения.

Таблица 1

Название банка	**Сбербанк**	**ВТБ**	**Российский банк**	**Московский областной банк**	**Московский кредитный банк**
Интервал прогноза при использовании скользящего среднего	2 дня	2 дня	2 дня	2 дня	2 дня
Точность прогноза при использовании скользящего среднего	0,5 %	4 %	1 %	1 %	0,5 %
Интервал экстраполяции	6 дней	1 день	7 дней	4 дня	3 дня
Точность экстраполяции	5 %	5 %	3 %	5 %	2 %
Интервал прогноза при использовании экспоненциального сглаживания совместно с экстраполяцией	5 дней	1 день	3 дня	4 дня	6 дней
Точность прогноза при использовании экспоненциального сглаживания совместно с экстраполяцией	5 %	10 %	2 %	5 %	2 %

Заключение

Использование для прогнозирования стоимости акций российских банков целесообразно и обеспечивает приемлемую для практики точность. В данной работе описан выбор значения параметра в процедуре экспоненциального сглаживания. Предложенный нами алгоритм экстраполяции позволяет усовершенствовать метод прогнозирования.

Литература

1. Козлов А.Ю., Мхитарян В.С., Шишов В.Ф. Статистический анализ данных в MS Excel. Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 320 с.

2. Литвинчук С.Ю. Информационные технологии в экономике. Анализ и прогнозирование временных рядов с помощью EXCEL . Учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2010. – 78 с.

3. Христиановский В.В., Щербина В.П. Анализ временных рядов в экономике: практика применения. Учебное пособие. – Донецк: ДонНУ, 2011. – 125 с.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДЯЩЕГО ЯДРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ МЕТОДОМ КОЛЛОКАЦИИ

Бывшев В.А.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
г. Москва, Ленинградский проспект, д.49
VByvshev@fa.ru

Аннотация: Обсуждается алгоритм оценки воспроизводящего ядра, необходимого для решения задачи машинного обучения методом коллокации. Метод коллокации восходит к Л.В. Канторовичу и состоит в восстановлении искомых функций по значениям функционалов. Алгоритм базируется на теореме Лоэва об интерпретации воспроизводящего ядра как автоковариационной функции и концепции Винера оценки автоковариационной функции стационарного ряда по индивидуальной реализации

Ключевые слова: Задача и метод машинного обучения, задача и метод коллокации, искомая функция и функционалы, воспроизводящее ядро.

Введение

Метод коллокации восходит к лауреату Нобелевской премии Л.В. Канторовичу [1] и состоит в восстановлении искомых функций по определённым на них значениям функционалов. В данной работе сначала излагаются задача и метод коллокации во взаимосвязи с постановкой задачи и методом машинного обучения. Затем строится алгоритм оценки воспроизводящего ядра, необходимого для решения методом коллокации задачи машинного обучения.

1 Задача машинного обучения

Задачи машинного обучения по прецедентам состоят в следующем [2], [3]. Задано множество X объектов $x \in X$ и задано множество Y допустимых ответов $y \in Y$. Каждый объект $x \in X$ описывается набором признаков $a(x) = (a_1(x), \dots, a_q(x))$, и с этим набором x отождествляется: $x \sim a(x)$. Каждый признак $a_j(x)$ имеет смысл некоторой характеристики объекта x и формально может интерпретироваться как отображение множества объектов X в множество A_j возможных значений признака a_j, то есть $a_j: X \to A_j$. В зависимости от типа множества A_j признак a_j может быть бинарным, категориальным или количественным. Отметим, что категориальные признаки можно квантифицировать, поэтому будем предполагать, что все признаки в наборе $a(x)$ являются количественными, то есть $a(x) \in R_q$.

По предположению, существует неизвестная функция $f: X \to Y$, значения которой $y_i = f(x_i)$ известны на конечном множестве объектов $(x_1, x_2, \dots, x_n) \subset X$. Пары $(a(x_i), y_i)$ именуются прецедентами; совокупность $S = (a(x_i), y_i)_{i=1}^{N}$ прецедентов образуют выборку. Выборку разделяют на две части: на обучающую выборку $S_l = (a(x_i), y_i)_{i=1}^{n}$ и контролирующую выборку $S_c = \left(a(x_{(i)}), y_{(i)}\right)_{(i)=1}^{(n)}$. Требуется по выборке S построить функцию $\hat{f}: X \to Y$, приближающую неизвестную функцию $f: X \to Y$ на всём множестве X.

Схема решения задачи машинного обучения состоит из трёх шагов [2].

Шаг 1. Задаётся некоторое параметрическое семейство Ф функций $\varphi(a; \theta)$:

$$\Phi = \{\varphi(a; \theta) \big| \varphi: R_q \times \Theta \to \mathrm{Y}\}. \quad (1.1)$$

Аргументом функции $\varphi(a;\theta) \in \Phi$ служит вектор $a = a(x)$ признакового описания объекта $x \in X$, компоненты вектора θ являются искомыми параметрами функции $\varphi(a;\theta)$, при этом $\theta \in \Theta \subset R_m$, где $\Theta -$ множество допустимых значений параметров. Областью изменения функции $\varphi(a;\theta)$ служит множество ответов Y. Пусть $\theta -$ некоторый произвольный фиксированный вектор параметров, $a(x) -$ признаковое описание некоторого объекта $x \in X$. Значение

(1.2) $$\tilde{y} = \varphi(a(x);\theta)$$

имеет смысл оценки истинного ответа $y = f(x)$ на объекте x; разность

(1.3) $$\tilde{y} - y = e(a(x),\varphi,\theta)$$

является истинной ошибкой оценки $\tilde{y}$ ответа $y = f(x)$ на объекте $x \in X$ при векторе параметров θ. Качество вектора параметров θ измеряется значением некоторой функции ошибки $e(a(x),\varphi,\theta)$. Такую функцию принято именовать функцией потерь и обозначать $Loss$. Функция потерь является функцией аргументов $(a(x),\varphi,\theta)$. Пусть $Loss(a(x),\varphi,\theta)$ – некоторая функция потерь. Её значения зависят от типа функций $\varphi \in \Phi$, вектора параметров $\theta \in \Theta$ и объекта $x \in X$. Усреднённое по множеству X значение функции потерь обозначим $Loss(\varphi,\theta)$, то есть

(1.4) $$Loss(\varphi,\theta) = E_x(Loss(a(x),\theta)).$$

Значение $Loss(\varphi,\theta)$ зависит от типа функций $\varphi \in \Phi$ и вектора параметров $\theta \in \Theta$. Величина $Loss(\varphi,\theta)$ интерпретируется как мера риска прогноза (1.4) ответа $y = f(x)$ при заданном векторе параметров θ. На практике значение $Loss(\varphi,\theta)$, как правило, не известно, но всегда доступна его оценка, например, по обучающей выборке S_l:

(1.5) $$\widetilde{Loss(\varphi,\theta,S_l)} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Loss(a(x_i),\varphi,\theta),$$

именуемая эмпирическим риском.

Шаг 2. На обучающей выборке решается вариационная задача на условный экстремум

(1.6) $$\begin{cases} \widetilde{Loss(\varphi,\theta,S_l)} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Loss(a(x_i),\varphi,\theta) \to min \\ \theta \in \Theta \end{cases}.$$

То есть отыскивается такой вектор параметров $\hat{\theta} \in \Theta$, который минимизирует эмпирический риск на обучающей выборке.

Шаг 3. При найденном векторе параметров $\hat{\theta}$ вычисляется эмпирический риск на контролирующей выборке:

(1.7) $$\widetilde{Loss\left(\varphi,\hat{\theta},S_c\right)} = \frac{1}{(n)}\sum_{(i)=1}^{(n)} Loss(a\left(x_{(i)}\right),\varphi,\hat{\theta}).$$

Если величина $\widetilde{Loss\left(\varphi,\hat{\theta},S_c\right)}$ значительно не превосходит количество $\widetilde{Loss\left(\varphi,\hat{\theta},S_l\right)}$, то есть если имеет место приближённое равенство

(1.8) $$\widetilde{Loss\left(\varphi,\hat{\theta},S_c\right)} \approx \widetilde{Loss\left(\varphi,\hat{\theta},S_l\right)},$$

то задача машинного обучения считается решённой; это означает, что найдена функция

(1.9) $$\tilde{y} = \hat{f}(x) = \varphi(a(x);\hat{\theta}),$$

приближающая неизвестную функцию $f: X \to Y$ на всём множестве X. Функцию (1.9) используют для прогноза ответов. В противном случае, когда величина $\widetilde{Loss\left(\varphi,\hat{\theta},S_c\right)}$ значительно превосходит $\widetilde{Loss\left(\varphi,\hat{\theta},S_l\right)}$, говорят [2], что произошло переобучение модели (1.14), меняют состав обучающей и контролирующей выборок и повторяют шаги 1, 2 и 3 до достижения условия (1.8).

2 Задача коллокации

Вернёмся к постановке задачи машинного обучения о восстановлении неизвестной функции $f: X \to Y$. Под символом X будем теперь понимать признаковый образ множества объектов в задаче машинного обучения, так что $X \subset R_q$. В задаче коллокации о восстановлении функции $f: X \to Y$ предполагается, что

искомая функция $y = f(x)$ определена на ограниченном замкнутом множестве X и принадлежит некоторому гильбертову пространству H с воспроизводящим ядром $K(x,x')$, где $(x,x') \in X \times X$;

известны значения $(l_i)_{i=1}^n$ ограниченных линейно-независимых функционалов $(L_i)_{i=1}^n$ на искомой функции $f(x)$:

(2.1) $$L_1(f) = l_1, L_2(f) = l_2, \ldots, L_n(f) = l_n.$$

Систему (2.1) можно интерпретировать как систему уравнений наблюдений над косвенными проявлениями искомой функции $f \in H$; эту систему удобно записать компактно

(2.1)′ $$L(f) = l,$$

где $L = (L_1, \dots, L_n)^T -$ векторный функционал, $l = (l_1, \dots, l_n)^T \in R_n$.

В задаче коллокации требуется по уравнениям наблюдений (2.1) восстановить функцию $f: X \to Y$, то есть найти такую аналитически заданную функцию $\hat{f}: X \to Y$, которая приближала бы f на X и удовлетворяла бы системе уравнений наблюдений (2.1)′:

(2.2) $$L(\hat{f}) = l.$$

Решение $\hat{f}$ задачи коллокации базируется на следующей теореме.

Теорема [4]. Если в системе уравнений наблюдений (2.1)′ компоненты $L_1, \dots, L_n$ векторного функционала L являются ограниченными и линейно-независимыми функционалами на гильбертовом пространстве H с воспроизводящим ядром $K(x, x')$, то

1) гильбертово пространство H разлагается в прямую сумму ортогональных подпространств $KerL = \{\varphi: \varphi \in H,\ L(\varphi) = 0\}$ и $Ker^{\perp}L$:

(2.3) $$H = KerL \oplus Ker^{\perp}L,$$

где бесконечномерное подпространство $KerL$ является ядром векторного функционала L, размерность подпространства $Ker^{\perp}L$ совпадает с количеством n линейно-независимых компонентов векторного функционала L, базис подпространства $Ker^{\perp}L$ образуют функции

(2.4) $$(K(x, L_1),\ K(x, L_2), \dots, K(x, L_n)) = K(x, L)^T,$$

где символом $K(x, L_i)$ обозначен результат действия функционала L_i на воспроизводящее ядро $K(x, x')$ по аргументу $x' \in X$;

2) решение $\hat{f}$ задачи коллокации является элементом подпространства $Ker^{\perp}L$, то есть

(2.5) $$\hat{f} \in Ker^{\perp}L;$$

3) решение задачи коллокации $\hat{f}(x)$ вычисляется по правилу

(2.6) $$\hat{f}(x) = K(x, L)^T \cdot K^{-1} \cdot l,$$

где символом $K = \left(K(L_i, L_j)\right)$ обозначена симметричная положительно определённая матрица

Предположим теперь, что $\hat{f}(x)$ имеет смысл восстановленной функции в задаче машинного обучения, где всегда

(2.7) $$L_i(f) = \delta_{x_i}(f) = f(x_i), \quad F(f) = \delta_x(f) = f(x),$$

Тогда, согласно (2.4) и (2.6), оценка ответа для любого объекта $x \in X$ будет вычисляться методом коллокации по правилу

(2.8) $$\tilde{y} = \hat{f}(x) = \sum_{j=1}^{n} c_j \cdot K(x, x_j).$$

Чтобы применять метод коллокации, нужно иметь оценку воспроизводящего ядра $K(x, x')$.

3 Алгоритм оценки воспроизводящего ядра $\boldsymbol{K(x, x')}$

Ниже представлен алгоритм оценки $K(x, x')$ по выборке $S = (a(x_i), y_i)_{i=1}^{N}$, базирующийся на теореме Лоэва [5, стр 512] об интерпретации воспроизводящего ядра как автоковариационной функции и концепции Винера [6, стр. 17] оценки автоковариационной функции стационарного ряда по индивидуальной реализации. Мы принимаем традиционную в приложениях [4] гипотезу об изотропности функции $K(x, x')$, то есть гипотезу, что $K(x, x') = K(\rho(x, x'))$.

1. Вычислить $\bar{y} = \frac{1}{N}\sum_1^N y_i$ и $y_i = y_i - \bar{y}$ при $i = 1, 2, \dots, N$.

2. Вычислить $\rho_{ij} = \rho(x_i, x_j)$ при $1 \le i < j \le N$ и вычислить $\rho_{max} = max\rho_{ij}$.

3. Задать количество M узлов сетки $(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_M)$, в которых будут вычислены оценки $\left(K_1 = K(\rho_1), K_2 = K(\rho_2), \dots, K_M = K(\rho_M)\right)$; вычислить шаг сетки $\Delta\rho = \frac{\rho_{max}}{M}$ и радиус окрестности узла $r = \frac{\Delta\rho}{2}$.

4. Вычислить $K(0) = \frac{1}{N} \cdot \sum_1^N y_i^2$.

5. Принять $K_m = 0,\ N_m = 0$ при $m = 1,2, \dots, M$.

6. Цикл по $i = 1,2, \dots, N-1$.

7. Цикл по $j = i + 1, \dots, N$
8. Принять ρ=ρ_{ij}
8. Цикл по $m = 1,2, \dots, M$
9. Принять $\rho_m = \Delta\rho \cdot m$
10. Проверить справедливость неравенства $(\rho_m - r \le \rho < \rho_m + r)$. (3.1)

Если (3.1) несправедливо, то идти на конец цикла по m.

Если (3.1) справедливо, то вычислить $K_m = K_m + y_i \cdot y_j$ и вычислить $N_m = N_m + 1$.

11. Вычислить $K(\rho_m) = K_m/N_m$ при $m = 1,2, \dots, M$ и $N_m \neq 0$.
12. Конец

Литература

1. *Канторович Л.В*. Об одном методе приближённого решения дифференциальных уравнений в частных производных. – ДАН СССР, 1931, 2, № 9.
2. *Воронцов К.В.* Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин), http://www.ccas.ru/voron..
3. *Соловьёв В.И.* Анализ данных в экономике. КНОРУС, М., 2019.
4. *Мориц Г.* Современная физическая геодезия. – М, «Недра», 1983.
5. *Лоэв М.* Теория вероятностей. – М., ИЛ, 1962.
6. *Wiener N.* Time Series. M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1949.

НАСТРОЙКА ПРОЦЕССА ОМНИКАНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЛИЕНТА С БАНКОМ НА ОСНОВЕ ДИЗАЙН-МЫШЛЕНИЯ

Васильева Е.В., Рылов А.А.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д.49
EVVasileva@fa.ru, ARylov@fa.ru

Аннотация: Представлены принципы совершенствования процесса предоставления банковских услуг клиенту на основе омниканальности и внедрения подхода дизайн-мышления. Выделены принципы формирования бизнес-модели стратегического партнерства банка с FinTech-стартапами. Подчеркнуты принципы развития корпоративной среды банка на основе внедрения подхода дизайн-мышления, позволяющего развить у персонала навыки эмпатии, умения использовать коллективное мышление в решении общих проблем организации и улучшения предоставления услугу клиентам. Дано подробное описание кейса проведения дизайн-исследования в банке.

Ключевые слова: дизайн-мышление; клиент-центрированный подход; цифровые услуги.

Введение

Новая сетевая экономика построена как единая эко-система, в центре которой – клиент, вокруг которого формируются и четко взаимодействуют три орбиты мышления, определяющие стратегию компании: позиция на рынке, изменение бизнес-процессов, реакция на инновации. Бизнес-модель, успешная сегодня на рынке, может завтра оказаться уже неконкурентоспособной. Это заставляет компании искать новые перспективы для развития в цифровой среде Интернет. В условиях общей информатизации общества растет интерес к предложениям, которые доступны онлайн. Но цифровая трансформация – это не просто разработка мобильного приложения или отказ от офф-лайн отделений. Это кропотливый процесс оптимизации взаимодействия, продуктов, процессов и организационной культуры, работоспособных в новой цифровой эко-системе. Стабильные цифровые организации должны одновременно хорошо обеспечивать удобство цифровых каналов, когда это необходимо, и предоставлять клиенту контекстуальное взаимодействие один на один, когда желателен личный контакт. Полностью цифровая организация построена на цифровых технологиях, а клиенты ожидают взаимодействия преимущественно через цифровые каналы, где на уровне одного отдельного подразделения объединяются два подхода: цифровой пользовательский опыт и новые гибкие бизнес-процессы (характерно для крупных более инертных из-за масштаба организаций).

Целью научного исследования является разработка стратегии повышения качества обслуживания и уровня удовлетворенности клиентов банков за счет внедрения омниканального подхода и принципов изучения клиентского опыта на основе дизайн-мышления. В цифровой бизнес-модели банка приоритетом является персонифицированное многоканальное взаимодействие 24/7 с клиентом. В случае стратегии омниканальности взаимодействие с клиентов осуществляется через

различные варианты предложений, которые его сопровождают на каждом уровне соприкосновения. Грань между мультиканальностью и омниканальностью проходит для предоставления полноценного омниканального опыта – единого взгляда клиента на все каналы обслуживания. В омниканальности проявляется полное исключение барьеров и разницы в процессах между офлайн операциями в офисах и в удаленных он-лайн каналах, с обеспечением соблюдение единой бизнес-логики обслуживания клиента, вне зависимости от выбранного им канала взаимодействия. Это новая комплексная стратегия, задачей которой является объединить различные каналы, такие как веб-сайты, мобильные приложения, социальные сети, различные другие ИТ-предложения банка в одно целое. Безусловно, качественно проведенная интеграция позволяет пользователю работать в едином интерфейсе, совершать операции в любом из каналов коммуникации, видеть всю историю обращений по всем задействованным каналам, реагировать в соответствии с полученной информацией, собирать обратную связь. Но дело в том, что все эти задачи выполняются еще на этапе мультиканальности и являются первым шагом в переходе на омни-модель. Недостаточно просто набрать множество каналов, связав их между собой. Для успешной реализации омниканальной стратегии нужно, чтобы коммуникация с потребителем объединяла не только фронтальную часть и бэк-офис, но и все процессы организации, в частности модель обслуживания. Омниканальность клиентского сервиса – это масштабный проект, в котором задействованы менеджмент, управление территориальных сервисов, ИТ и маркетинг. А в центре этого проекта – подход дизайн-мышление и управление продуктом в принципах Lean StartUp.

1 Как банк может создать новые бизнес-ценности из цифровых технологий?

В цифровой экономике открываются перед компаниями совершенно иные перспективы привлечения новых клиентов, поиска и выбора новых направлений деятельности, изменения процессов. Однако, следует понимать, что это требует от сотрудников дополнительных навыков, знаний, умений. Они должны быть компетентными в области анализа рыночных возможностей, умений трансформировать бизнес-модель и бизнес-процессы организации под цифровые рынки. А главное, уметь понимать запросы потребителей, быть готовыми к поиску бизнес-моментов и открытыми к неопределенности. В цифровой экономике люди должны иметь не узкую специализацию, а межпредметные знания и широкие компетенции в различных отраслях экономики. Компетенции новаторов и творческие способности, умение мыслить нестандартно и находить альтернативы в условиях неопределенности – одни из самых востребованных на рынке труда. Цифровое общество имеет доступ к огромному количеству информации, получить информацию о любом из продуктов теперь возможно в один клик. Производителю сейчас необходимы новые подходы для глубокого изучения предпочтений клиентов, чтобы суметь их предугадать, сработать на опережение и предоставить новый продукт или услугу под новые запросы. Только так можно конкурировать в огромном количестве предложений. Знания и умение применять инструменты дизайнерского мышления важны производителям, поскольку предоставляют все возможности в изучении скрытых потребностей потребителей, улучшении его опыта взаимодействия с продуктом, создании инновационных продуктов.

Среди положительных тенденций развития российского банкинга можно отметить рост количества пользователей интернет-банкинга. Согласно исследованию «Internet Banking Rank 2017» аналитического агентства Markswebb Rank & Report[57], выросло количество российских интернет-пользователей в возрасте от 18 до 64 лет, проживающих в городах с населением от 100 тысяч человек, пользуются интернет-банкингом для частных лиц. Их число составило больше 23,3 миллионов человек. 41% имеют доступ и пользуются интернет-банкингом в двух и более российских банках. Наиболее популярными интернет-банками среди российских пользователей с точки зрения удобства интерфейсов и функциональности являются интернет-банки Бинбанка (ранее интернет-банк МДМ Банка), Тинькофф Банка, Промсвязьбанка, Альфа-Банка, ВТБ и Сбербанк Онлайн. Эти интернет-банки вместе охватывают больше половины интернет-пользователей и 87% всех пользователей интернет-банкинга в России. Согласно исследованию ЯндексМаркет и GFK, предпочтения на рынке смещаются в сторону оплаты услуг и товаров банковской картой. Уже в 2014

[57] *Internet Banking Rank. Исследование и рейтинг эффективности российских интернет-банков для физических лиц. Markswebb Rank & Report, 2017. [URL]: http://markswebb.ru/e-finance/internet-banking-rank-2017/*

году доля пользователей смартфонов из числа клиентов достигла 50%. К 2020 году прогнозируется, что смартфонами будут владеть 80% клиентов любого банка[58].

Сложность перехода к новому этапу информатизации России в сфере банковского обслуживания заключается в том, что банки должны по-прежнему поддерживать качественное обслуживание клиентов в отделениях, и в то же время решать стратегическую задачу – расширять бизнес и стремиться к снижению издержек. В настоящие дни ИТ-службам вместо планомерного развития приходится «пожарным» образом реагировать на изменения бизнес-требований, рост клиентуры и сети банка, перемены в регуляторной базе банковского обслуживания. Многие банки теряют контроль над ситуацией на пути к автоматизации банковских процессов. Неправильная приоритезация целей, стоящих перед банком на определенной фазе автоматизации, связана со всевозможными ограничениями подразделений-заказчиков: недостаток ресурсов, неграмотный выбор решений для реализации тех или иных требований, связанный со срочностью и установленными вехами ввода новых продуктов, что ведет к смещению движения в сторону реализации целевых архитектур в более поздние сроки. Новые технологии и новые интересные бизнес-решения на их основе помогут банкам идти в ногу со временем.

На сегодняшний день коммерческие банки и FinTech представляют собой скорее независимые направления бизнеса в финансовой сфере. Между банками и FinTech присутствует высокий уровень конкуренции, давления, а, соответственно, высокая степень взаимного влияния. В 2013 году, когда термин FinTech[59] только формировался, о появлении так называемых «единорогов» можно было только мечтать. Теперь же в число «миллиардеров» входят более 40 компаний отрасли. FinTech стартапы предлагают своим клиентам решения, которые удовлетворяют практически любые их потребности в определённой сфере, при этом, за относительно небольшую сумму. За 2010-2016 гг. инвестиции в FinTech по всему миру по оценке PWC (PriceWaterhouseCoopers)[60] достигли рекордных 13 млрд долларов. Стоит отметить, что в России активная работа по поддержке FinTech-стартапов началась только в 2014 г. после проведения ряда профессиональных отраслевых форумов, в число которых входят международный форум FinTech Russia, конференция EdTech Russia и ряд других. Поэтому Россия по количеству инвестиций в сферу инновационных финансовых технологий и развитию данной сферы отстает от США и Европы на три-четыре года. Однако, за прошедшие два года более 50 российских стартапов успешно вышли на рынок финансовых услуг[61,62] В настоящее время партнерство с компаниями FinTech способствует повышению эффективности традиционных видов деятельности, упрощению и рационализации традиционными организациями основных процессов, услуг и продуктов и, как следствие, максимально возможном устранении причин низкой эффективности в разных сферах их деятельности. Реализация в коммерческом банке единой для всех каналов платформы на пути к омниканальности обеспечивает возможность совмещения ключевых ценностей с ценностями FinTech: использование высокотехнологических сервисов FinTech для предоставления усовершенствованных банковских продуктов. В модели создания совместной ценности банка как FinTech предоставляет новое ценностное предложение – новую открытую платформу открытых данных и финансовых технологий.

Клиентоориентированность – главная ценность стартапов в сфере FinTech. Стартапы в сфере FinTech понимают своих клиентов, которые, как правило, принадлежат к «мобильному поколению», а значит, ищут гибкость и быстроту, и предлагают лучшие технологические решения, опережая в

---

[58] *Kearney A.T. Going Digital: The Banking Transformation Road Map Banking Transformation Road Map, 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.atkearney.com/documents/10192/5264096/Going+Digital+-+The+Banking+Transformation+Road+Map.pdf/60705e64-94bc-44e8-9417-652ab318b233*

[59] *FinTech – (русск. Финтех), развивающийся сегмент финансовых услуг, с использованием современных технологий и инноваций URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Financial_technology*

[60] *PWC. Ежегодный всемирный обзор сегмента FinTech. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pwc.com/gx/en/advisory-services/FinTech/PwC%20FinTech%20Global%20Report.pdf (дата обращения: 20.10.2017)*

[61] *Investment Trends in Fintech, Silicon Valley Bank. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.svb.com/News/Company-News/2015-Fintech-Report--Investment-Trends-in-Fintech/ (дата обращения: 21.10.2017)*

[62] *Accenture. Ежегодный обзор FinTech. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.fintechinnovationlablondon.co.uk/media/730274/Accenture-The-Future-of-Fintech-and-Banking-digitallydisrupted-or-reima-pdf (дата обращения: 25.10.2017)*

этом сегменте крупные банки. Всегда быть «в сети» – отличительная черта поколения Y. Клиенты в условиях экспоненциального роста ИТ хотят видеть более гибкую линейку продуктов, более широкий выбор продуктов и услуг, быструю доставку. Отсутствие мобильного банкинга или его неудобный интерфейс могут стать серьезной причиной для многих представителей поколения Z в отказе от традиционных банков. Поэтому так важно изучать опыт взаимодействия клиента с банковскими продуктами и сервисами, научиться предвидеть их будущие запросы. Использование нескольких технологий FinTech, инновационных технологий и возможностей агрегации позволяет удовлетворить множество узких потребностей нескольких типов клиентов в каждом из сегментов. Гибкие настройки и управляемые сервисы делают общение банка и клиента персонализированным. В Банке обслуживание клиента осуществляется, как правило, в первую очередь работниками, обладающими компетенциями в банковской сфере, но не являющимися техническими специалистами. Таким образом, в банке при обращении в контакт-центр проблема доходит до нужного специалиста дольше, чем в FinTech. Стратегия партнерства позволяет усилить ИТ-службу поддержки Банка за счет подключения высококвалифицированных в конкретной технологии специалистов.

Таким образом, можно выделить множество сторон, где стратегия партнерства позволяет успешно использовать преимущества FinTech и коммерческого банка, улучшить показатели выполнения SLA, позволит сократить издержки и увеличить комиссионный доход за счет роста транзакций и продаж банковских продуктов. Но это также требует развития нового подхода к управлению процессами и персоналом банка в парадигме омниканальной стратегии.

Для генерации инновационных идей, развития навыков эмпатии, умения использовать коллективное мышление в решении общих проблем организации и улучшения предоставления услугу клиентам необходимо вовлекать сотрудников, расположенных на разной степени иерархии, работающих в различных отделах, а также разных культурных и социальных слоев. Вовлеченность каждого сотрудника в процесс поиска новых идей и решений приведет к повышению заинтересованности сотрудников в инновациях банка. Также стоит отметить, что изменение подхода в управлении, а именно, внедрение инновационных практик, включая дизайн-мышление, позволит банковскому бизнесу наиболее максимально приблизиться к успешным FinTech компаниям. Только так банки смогут построить и внедрить максимально успешно и эффективно новую цифровую бизнес-модель.

2 Инструменты исследования клиентского опыта на основе дизайн-мышления

Уже сегодня мы уходим от экономики знаний, в которой преобладала технология, в экономику впечатления, контролируемую потребителями и корпорациями, которые сопереживают вместе с ними [1]. Дизайн-мышление позволяет вовлечь широкий круг мнений от людей с различными взглядами, разные точки зрения, выявить скрытые риски и проблемы или неосознанные потребности. Три важных принципа выделяют дизайн-мышление среди других школ, занимающихся вопросами решения изобретательских задач. Это: эмпатия (умение взглянуть на мир глазами других людей); междисциплинарный подход к решению проблемы (привлечение к исследованию проектировщиков, психологов, маркетологов); организация коммуникации при разработке инновации между различными заинтересованными сторонами (потребители, производители, партнеры и др.).

На этапе эмпатии создается профиль потребителя, который помогает понять его нужды, прорисовать конкретные черты его характера и обозначить жизненные приоритеты. Используются данные активного наблюдения, опроса, строится карта эмпатии, чтобы зафиксировать полученные результаты и получить основу для дальнейших формулировок гипотез. Здесь моделируются те суждения, которые возникают при отсылке к данному продукту / услуге. На рис. 1 представлена карта эмпатии клиента банка, на которой выделены его критичные неудовлетворённые запросы: запрашивается огромное количество информации каждый раз при приеме платежа через электронные приложения; соответственно, может возникать очень много ошибок при вводе реквизита на этапе поиска услуги и оформления платежа; при оформлении платежей появляется очень много повторных и избыточных шагов, требующих ввода дублирующей информации. А клиент хочет тратить меньше времени на оформление платежей, получать поддержку при выявлении требующих оплаты счетов.

Ключевые шаги дизайн-мышления – эмпатия, фокусировка, генерация, выбор, прототипирование и тестирование. На каждом этапе центр внимания исследователей уделяется изучению восприятия потребителя разрабатываемых гипотез будущего продукта или услуги. Четкое понимание потребностей целевой аудитории – ключевой драйвер для бизнеса. В основе процесса дизайн-мышления лежат принципы дизайна, ориентированного на человека. Применение подхода дизайн-мышления важно, чтобы понять, какие именно трудности возникают при взаимодействии клиента с

банком, что именно остается нерешенным с точки зрения информатизации услуг, нуждается ли клиент в новых платежных сервисах и что желает оптимизировать в существующих процессах предоставления платежных продуктов.

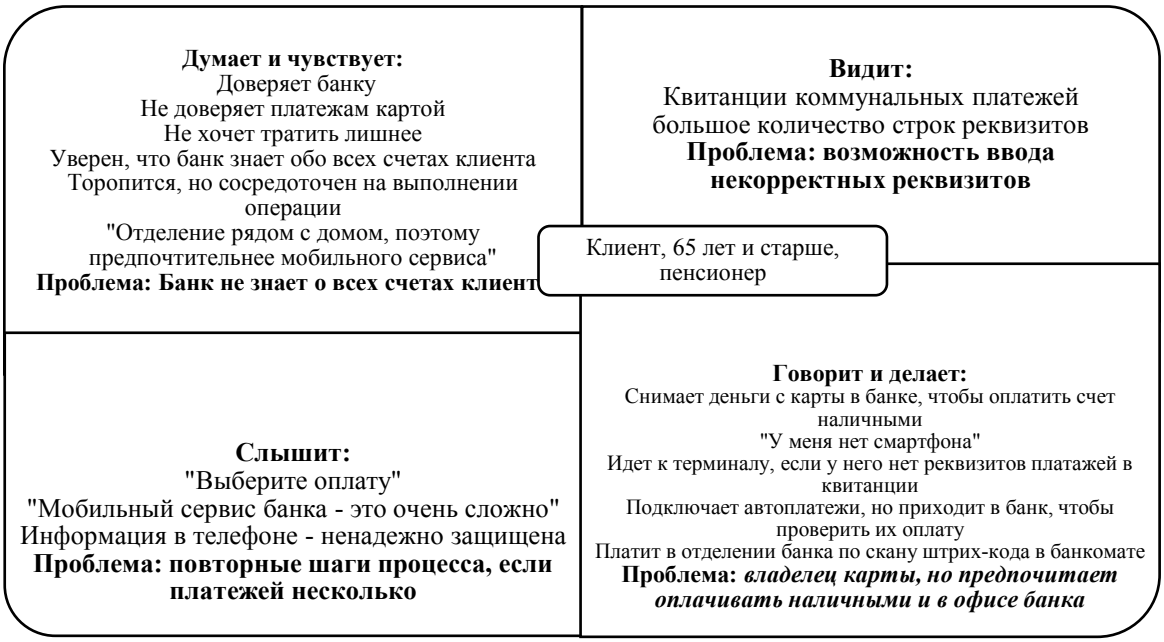


Рис. 1. Карта эмпатии клиента

Заключение

Подход дизайн-мышления работает по принципу выдвижения гипотез и их проверки. Четкое понимание процесса и того, на каком этапе находится проектная команда, дает руководителю и специалистам уверенность в осознании того, каким будет следующий шаг. Неоднозначность потребительской психологии и психологии ведения бизнеса в отношении формата предоставления услуг и сложившихся привычек строгого разделения определенных услуг между каналами препятствуют быстрым и «правильным» изменениям бизнеса и общества. Клиентский опыт – важная часть взаимоотношений с клиентами. Клиенты ждут технологического прорыва. Продукты банка и предоставляемые им сервисы должны эволюционировать, развиваться и выравниваться. В каждом подразделении банка необходимы люди, которые будут отвечать и следить за видением клиентов. Если таких людей нет, то банк нельзя назвать цифровым.

Литература

1. *Nussbaum, B.* The Empathy Economy, Business Week [on-line]. URL: www.businessweek.com/bwdaily/dnflash/mar2005/nf2005037_4086.htm/ (Access date: 16.12.2009)
2. *Васильева Е.В.* Дизайн-мышление: немного о подходе и много об инструментах развития креативного мышления, изучения клиентских запросов и создания идей : монография. – М. : РУСАЙНС. 2018. – 204 с.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ РЕЕСТРЫ, КАК ИНСТРУМЕНТЫ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФИНАНСОВЫХ СИСТЕМ

Варнавский А.В., Бурякова А.О.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект д.49
AVVarnavskiy@fa.ru, AOBuryakova@fa.ru

Аннотация: Цель настоящего исследования заключается в формировании обобщенной открытой классификации архитектуры блокчейн-платформ. Классификация представляет собой иерархическую структуру, состоящую из шести основных направлений, каждое из которых предполагает наличие ряда характеристик и соответственно множеств. Классификационные признаки с точки зрения разработки решений для крупномасштабных финансовых систем могут рассматриваться как совокупность альтернативных правил функционирования системы.

Ключевые слова: блокчейн-платформы, классификация, крупномасштабные финансовые системы.

Введение

С тех пор как была опубликована статья, описывающая первую блокчейн платформу «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System»63, прошло достаточно много времени. Технология блокчейн существенно ушла вперед – появилось множество различных платформенных решений: Hyperledger, Corda, EOS и многие другие. Каждая из блокчейн-платформ обладает собственными технологическими характеристиками и рамками. Совокупность накопленных решений предопределила необходимость формирования обобщенной, глобальной классификации, позволяющей упорядочить процесс разработки решений для оптимизации бизнес-процессов.

Блокчейн представляет собой один из видов технологии распределенных реестров, в котором данные о совершаемых транзакциях структурируются в виде цепочки связанных блоков и защищаются криптографическим способом. Ключевые свойства блокчейна: распределенность, хронологическая запись данных, невозможность подмены данных в прошлом. Вместе с тем, в блокчейн среде становится возможна реализация смарт-контрактов в целях автоматизации операций. Пожалуй, данный перечень будет общим для подавляющего большинства блокчейн-платформ. Однако существует и ряд других характеристик. О них и пойдет речь в настоящей статье.

Более того те или иных технологические особенности целесообразно рассматривать с точки зрения возможности их практической интеграции. Так, блокчейн может служить базой для формирования крупномасштабных финансовых систем. Наиболее ярким примером могут послужить платежные системы – крупнейшие банки, в том числе центральные, а также корпорации уже рассматривают возможность использования блокчейна в качестве транзакционной, технологической основы. Существенное значение здесь будет иметь модель организации взаимодействия элементов системы – правил и связей, которые в свою очередь будут закладываться еще на уровне проектирования архитектуры платформенных решений.

Классификация блокчейн-платформ в современной литературе

Классификации блокчейн-платформ, представленные отечественными и зарубежными авторами, выделяют публичные или приватные, открытие или закрытые блокчейн-платформы64656667. Однако подобная классификация не дает полного представления о присущих каждому из видов характеристиках. Более того, различные авторы рассматривают различные ракурсы «открытости», не принимая во внимание направления исследования своих коллег. В результате мы имеем абсолютно несовпадающие по своим характеристикам «открытые» и «закрытые» блокчейны.

Также выделяют такие классификационные признаки как уровень развития технологии. К примеру, М. Свон в работе «Блокчейн. Схема новой экономики»68 выделяет блокчейн 1.0 (расчетный блокчейн биткоина), блокчейн 2.0 (смарт-контракты), блокчейн 3.0 (децентрализованные приложения и организации). Или же блокчейн-платформы части классифицируют по консенсусу: Practical Byzantine Fault Tolerance Algorithm, Proof-of-Work, Proof-of-Stake и другие69. В более ранних наших работах мы также обращали внимание на такие классификационные признаки как «доступ к сети», «ограничение действий с информацией», «платности совершения операций» и другие70. Однако при более глубоком изучении стало ясно, что обозначенные нами характеристики не будут отхватывать все технологические аспекты.

По нашему мнению, достаточно проработанной, можно назвать классификацию авторов Tasca P. и Tessone C. J. В работе «Taxonomy of blockchain technologies. Principles of identification and

---

[63] *https://bitcoin.org/bitcoin.pdf*

[64] *Жданов Иван Николаевич, Федоров Александр Игоревич, Балашов Артем Викторович Введение в блокчейн 2. 0 // Научный журнал. 2017. №10 (23). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vvedenie-v-blokcheyn-2-0 (дата обращения: 30.06.2019).*

[65] *Пескова О. Ю., Половко И. Ю., Захарченко А. Д. Применение блокчейн-технологий в системах электронного документооборота: анализ и программная реализация //Латинская Америка. – 2007. – Т. 152. – №. 5. – С. 3.*

[66] *Заварзин А. В. Перспективы технологии блокчейн в контексте роста благосостояния общества. – 2018.*

[67] *Benos E., Garratt R., Gurrola-Perez P. The economics of distributed ledger technology for securities settlement. Bank of England. – Staff Working Paper Staff Working Paper, 2017. – №. 670.*

[68] *Свон М. Блокчейн. Схема новой экономики. – Litres, 2019.*

[69] *Puthal D. et al. Everything you wanted to know about the blockchain: Its promise, components, processes, and problems //IEEE Consumer Electronics Magazine. – 2018. – Т. 7. – №. 4. – С. 6-14.*

[70] *Варнавский А.В., Бурякова А.О., Себеченко Е.В. Блокчейн на службе государства : монография. — Москва : КНОРУС, 2019. — 218 с.*

classification»71 была представлена таксономия технологии блокчейн, сформированная в виде систематических, иерархических групп. Несмотря на все преимущества классификации Tasca P. и Tessone C. J., в ней все-таки есть некоторые спорные моменты. Стоит ли объединять на одном уровне в рамках одного направления блок и транзакцию? Целесообразно ли относить организационную форму (открытый/закрытый код, отдельный проект/консорциум) и языки сценариев к характеристикам перспектив развития сети? Стоит ли выделять псевдоанонимность как один из субуровней «управления идентификацией»? И многие другие моменты. Свои ответы на поставленные вопросы мы постараемся дать в обосновании выделенных нами классификационных характеристик и множеств.

Общее описание классификации.

Выявление логических связей между сочетанием различных характеристик, помогает обозначить различные альтернативы в работе блокчейн-платформ, что соответственно приводит к разработке наиболее оптимального дизайна, архитектуру под каждую конкретную задачу. В нашем случае речь пойдет о разработке расчётного блокчейн – межбанковской платежной системы. Однако данная классификация может быть использована и для анализа какой-либо иной крупномасштабной системы.

Основу разработанной классификации составляют шесть базовых уровней функционирования блокчейн-платформ. Блокейн-платформы могут различаться в зависимости от предусмотренной в них возможности создания и функционирования расчетных единиц - токенов. Транзакционная модель описывает, как узлы, подключенные к P2P-сети, сохраняют и обновляют информацию пользователя в распределенном реестре. Задача транзакционной модели состоит в том, чтобы предотвратить появление в сети данных, которым не следует доверять, например занесение в реестр так называемых “двойных расходов”. Те или иные правила формирования блока варьируются от платформы к платформе. Однако в качестве характеристических свойств мы выделяем структуру данных в заголовке блока и сам состав блока. В зависимости от того, какая информация хранится в блокчейне, определяется и масштабируемость системы. Блокчейн-платформы можно классифицировать исходя из взаимосвязи языков программирования в конкретной блокчейн-платформе. Защита лицензиями, как признак, выявляет наличие двух вариантов – открытый исходный код и закрытая лицензия. Выбор архитектуры программного обеспечения очень важен для лучшего управления изменениями после их внедрения. Выбор архитектуры программного обеспечения включает в себя конкретные структурные варианты среди возможностей, доступных для разработки ПО. Язык сценариев – полный и неполный по Тьюрингу. Доказательный консенсус или консенсус доказательством - Proof-of-Work, Proof-of-Stake, Proof-of-Authority, Proof-of-Capacity, Proof-of-Burn, Byzantine Fault Tolerance consensus, hybrid consensus и другие. Кроме того, в качестве характеристических свойств выступают виды соглашений о подтвержденности блока. А на уровне блокчейн-сети мы разделем платформы отвечая на вопрос относительно того, как обеспечивается бесперебойная работа самой сети, и как взаимодействуют ноды и узлы, выполняя свои роли.Задержка (latency) - подкомпонент, который описывает правило распространения сообщений в сетях. Тип взаимосвязи между узлами/нодами сети и тип информационного потока между ними формируют конфигурацию сети. Режим диалога (Gossiping) – характеристика того, как информация проходит через серверы. В отношении безопасности мы выделяем два характеристических свойства, которые уже помогают выявить определенны множества плтформ: шифрование данных (SHA-2, ZK-SNARKS) и конфиденциальность данных (встроенная конфиденциальность и коденфициальность через надстройки). Экономический уровень на котором платформы различаются в зависимости от мотивации экономических агентов в отношении отдельных аспектов - мы называем уровнем взаимодействия и выделяем на нем три характеристических свойства.В работе рассматривается возможная архитектура блокчейн-платформы межбанковской платежной системы. Соответственно анализируется каждая из возможный альтернатив. К примеру, должна ли это быть сеть только с полными нодами или сеть, сочетающая как полные ноды, так и тонкие клиенты. Соответственно суть сети только с полными нодами будет заключаться в том, что все узлы процесса проверки, относятся к одному виду. Это действительно одноранговая сеть, где все узлы эквивалентны с точки зрения содержащейся информации. Это свойство создает большую избыточность информации, что делает систему более устойчивой к атакам или сбоям в работе, но в тоже время менее гибкой. Или, например, какой режим диалога стоит выбрать – локальный или глобальный. Режим диалога же в свою очередь ответственное за то, что

[71] *Tasca P., Tessone C. J. Taxonomy of blockchain technologies. Principles of identification and classification //arXiv preprint arXiv:1708.04872. – 2017.*

именно информация о закрытом блоке будет распространяться в сети. То есть стоит ли предположить наличие возможность получить информацию о подтвержденных транзакциях сначала только тем банкам, которые ее инициировали. Или информация будет сразу распространяться по сети? Большинство банков все-таки рассматривают платформы с локальным режимом диалога. Например, Quorum, который поддерживает как приватные, так публичные транзакции и имеет много коммерческих сценариев использования.

Выводы

Разработанная классификация представляет собой иерархическую структуру, состоящую из шести основных направлений, каждое из которых предполагает наличие ряда характеристик и соответственно множеств. Предложенный подход включает в себя как технологические, так и экономические (организационные) характеристики. Классификационные признаки с точки зрения разработки решений для крупномасштабных финансовых систем могут рассматриваться как совокупность альтернативных правил функционирования системы. То есть в ходе разработки на каждом из уровней может выбираться какая-либо из предложенных альтернатив, в зависимости от исходных требований к работе всей системы. Подобный подходы фактический позволяет стандартизировать процесс формирования архитектуры блокчейн-платформы.

Литература

1. Nakamoto S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. – 2008.

2. Варнавский А.В., Бурякова А.О., Себеченко Е.В. Блокчейн на службе государства. — М.: КНОРУС, 2019. — 218 с.

Доклад Центра цифровых компетенций ВЭБ и ФИПС. Технологии Блокчейн: Современное состояние и ключевые инсайты. URL: http://www1.fips.ru/vse-uslugi/patent-analytics/report-blockchain.pdf (дата обращения 29.06.2019)

3. Жданов И.Н., Федоров А.И., Балашов А.В. Введение в блокчейн 2. 0 // Научный журнал. 2017, №10 (23). – с.39-43.

4. Пескова О.Ю., Половко И. Ю., Захарченко А. Д. Применение блокчейн-технологий в системах электронного документооборота: анализ и программная реализация // Латинская Америка. 2007, №. 5.–с. 3.

5. Заварзин А.В. Перспективы технологии блокчейн в контексте роста благосостояния общества. // Вестни Северо-Кавказског федеральног университета. 2018, № 3 (66) – с.76-84.

6. Benos E., Garratt R., Gurrola-Perez P. The economics of distributed ledger technology for securities settlement. Bank of England. // Staff Working Paper Staff Working Paper. 2017, №. 670 – p.1-33.

7. Свон М. Блокчейн. Схема новой экономики. – Litres, 2019. – 215 с.

Puthal D. et al. Everything you wanted to know about the blockchain: Its promise, components, processes, and problems // IEEE Consumer Electronics Magazine. 2018, №. 4. – c. 6-14.

8. Tasca P., Tessone C.J. Taxonomy of blockchain technologies. Principles of identification and classification // arXiv preprint arXiv. 1708.04872. – 2017. URL: https://arxiv.org/pdf/1708.04872.pdf (access: 29.06.2019)

9. Morrison D.R. PATRICIA - practical algorithm to retrieve information coded in alphanumeric // Journal of the ACM (JACM). 1968, №. 4. – p. 514-534.

10. Wood G. et al. Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger // Ethereum project yellow paper. 2014. – p.1-32.

11. Ethereum, “https://ethereum.org/,” (2015), (Date last accessed: 10-July-2015).

European Central Bank and Bank of Japan. Stella project. Payment systems: liquidity saving mechanisms in a distributed ledger environment. URL: https://www.boj.or.jp/en/announcements/release_2017/data/rel170906a1.pdf - European Central Bank and (access: 12.01.2018).

12. Project Ubin. URL: https://github.com/project-ubin (access: 12.05.2019).

13. Ripple. URL: http://www.ripple.com (access: 12.05.2019).

УПРАВЛЕНИЕ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ НА ТРАНСПОРТЕ

Гатауллин Т.М., Гатауллин С.Т.

Государственный университет управления, г. Москва, Россия,
ФГОБУ ВО "Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации",
г. Москва, Россия
stgataullin@fa.ru

В статье рассмотрены денежные потоки, возникающие в результате эксплуатации транспортного средства. Введено понятие чистой приведенной прибыли от эксплуатации транспортного средства.

Введение

Данная работа посвящена анализу денежных потоков, возникающих в результате эксплуатации автомобиля. Для оценки приведенной стоимости денежных потоков используются методы финансового анализа.

Предположим примерный перечень таких потоков:

- поток дохода от эксплуатации транспортного средства (единиц подвижного состава);
- поток расходов, связанный с амортизацией;
- поток расходов на капитальный ремонт и связанный поток сопутствующих расходов;
- поток расходов, связанный со случайным ремонтом;
- поток затрат, связанных с текущим техническим обслуживанием автомобиля;
- поток затрат на технические осмотры и связанный поток сопутствующих расходов.

Под потоком, следовательно, понимается изменение стоимости денег с течением времени. Все эти потоки происходят в течение «жизненного цикла» автомобиля. При покупке подвижного состава (например, железнодорожного оператора) необходимо измерять уровень затрат с учетом будущих доходов и расходов. Чтобы найти текущую стоимость, будущий доход (или расходы) должен быть дисконтирован (то есть предоставлен) на сегодняшний день. Таким образом, текущая стоимость суммы в следующий момент равна ставке дисконтирования.

Проанализировав изменения во всех этих денежных потоках с течением времени, вы сможете узнать их текущие значения, а также сумму прибыли, полученной от единицы транспортного средства за полный период его эксплуатации. Эта стоимость может рассматриваться как чистая приведенная стоимость - по аналогии с теорией инвестиционных проектов, где такое количество называется чистой приведенной стоимостью проекта. Смысл этих расчетов, в основном, заключается в следующем: если чистая текущая прибыль является положительной, то это означает, что транспортное средство окупится экономически. Такого рода расчеты широко используются в финансовом анализе, но не так часто используются в транспорте.

1 Рациональное использование денежных потоков на транспорте

Примерный список потоков, связанных с эксплуатацией автомобиля, выглядит следующим образом:

- поток доходов от эксплуатации транспортное средство;
- амортизационные отчисления;
- капитальный ремонт и связанный с ним поток сопутствующих расходов;
- поток случайного ремонта и связанный с ним поток сопутствующих расходов;
- поток затрат, связанных с текущим техническим обслуживанием автомобиля;
- поток затрат на технический осмотр и связанный с этим поток сопутствующих расходов.

Все эти потоки происходят в течение «жизни» транспортного средства. Для их текущей оценки, чтобы найти текущую стоимость этих денежных потоков, необходимо иметь возможность дисконтировать их до настоящего момента.

1.1 Основные понятия теории потоков платежей

Поток платежей представляет собой последовательность значений самих платежей (со знаками) и моментов времени, когда они сделаны.

Платеж со знаком «+», который можно опустить, является доходом, платеж со знаком «-» представляет расход.

Поток называется конечным или бесконечным, в зависимости от количества платежей в нем.

Пусть $R = \{r_i, t_i\}$ – поток платежей, в нем r_i – платежи, t_i – моменты времени. Кроме того, предполагается знание ставки дисконта i $(\mu = 1 + i > 1)$, обычно неизменной на протяжении

всего потока. Значение потока в момент времени T представляет собой сумму платежей потока, дисконтированных к этой точке $-R\ (T)\ = \sum_i r_i \mu^{T-t_i}$.

Достаточно найти значение потока в некоторый момент времени $R\ (T)$, тогда в любой другой момент времени T' значение потока $R\ (T') = R\ (T)\mu^{T-T'}$

Значение $R\ (0)$ называется текущим значением потока; если имеется последний платеж, значение потока во время этого платежа называется окончательным значением потока.

Поток называется постоянным, если платежи одинаковы, и регулярным, если платежи следуют друг за другом через равные промежутки времени.

1.2 Нахождение текущей стоимости определенных денежных потоков

Давайте найдем текущую стоимость некоторых потоков, связанных с денежными потоками, перечисленными во введении к этой работе.

Бесконечный регулярный постоянный поток

Пусть платежи будут равными a, а интервал между последовательными платежами равен T.

Текущая стоимость такого потока

$$A = \sum_{k=1}^{\infty} a\left(\mu^{-kT}\right) = a\sum_{k=1}^{\infty} a\left(\mu^{-kT}\right)$$

и для сходимости ряда (который является геометрической прогрессией) необходимо и достаточно, чтобы $\mu\ T\ >\ 1$. При этом предположении $A = a(\mu T - 1)^{-1}$.

1.3 Бесконечный постоянный поток Пальма

Напомним, что поток Пальма характеризуется тем, что в нем расстояние между последовательными платежами равномерно распределено случайными величинами (с.в.). Эти с.в. как правило являются непрерывными. Пусть платежи будут равны a.

С.в. ξ_0, ξ_1 имеют одинаковое распределение. Пусть $f\ (t)$ – плотность этого распределения. Текущая стоимость первого платежа равна

$$\int_0^{\infty} a\ (\mu^{-t}) f(t) dt$$

Поскольку $\mu^t > 1$ при $t > 0$, а $\int_0^{\infty} f(t)dt = 1$, то этот интеграл сходится. В аналитическом виде в общем случае нам не удастся получить его. Обозначим его через A_1. Учитывая особенности строения потока Пальма дисконтирование до настоящего момента второго платежа и т.д. дает

$A_1^2, \ldots., A_1^n \ldots \ldots$

Ряд $\sum_{к=1}^{\infty} A_1^k$ сходится тогда и только тогда, когда $A_1 < 1$. В этом предположении о текущей стоимости рассматриваемого потока Пальма

$$A = \frac{A_1}{1-A_1}$$

1.4 Простейший поток

Такой поток является наиболее важным частным случаем потока Пальмы. В таком потоке вышеупомянутые случайные величины ξ распределены показательно, то есть $f(t) = \lambda e - \lambda t$

при $t \geq 0$.

Вычисляя интеграл (1), получаем $A_1 = a/(1 + 1n\mu)$ и условие $A_1 < 1$ эквивалентно условию $a < 1 + 1n\mu$. В этом предположении современная ценность самого простого рассматриваемого потока

$$A = \frac{A_1}{1 - A_1} = a/(1 + 1n\mu - a)$$

В частности, для $a = 1$ получаем $A = 1/1n\mu$

1.5 Эрланг поток

Такой поток получается путем «скрининга» простейшего потока. Таким образом, поток Эрланга k-го порядка получается, при оставлении только каждого k-го события простейшего потока. Понятно, что текущее значение такого потока существует только в предположении $A_1 < 1$ и тогда оно есть

$A = A_1^k/(1 - A_1^k)$

1.6 Бесконечный случайный поток Пальмы

В таком потоке Пальма платеж представляет собой с.в. а. Предположим, что значение платежа и интервал между последовательными платежами независимыми с.в., тогда мы можем доказать, что текущая стоимость первого платежа,

$A_1 = \int_0^\infty \bar{a}(\mu^{-t}) f(t) dt,$

где $\bar{a}$ – математическое ожидание случайного платежа. Следовательно, текущее значение рассматриваемого потока (конечно, при условии, что $A_1 < 1$),

$$A = \frac{A_1}{(1 - A_1}$$

Подчеркнем, что текущая стоимость не зависит от типа распределения случайного платежа, но только от среднего значения этого платежа.

1.7 Бесконечный непрерывный поток постоянной плотности

Пусть эта плотность будет равной λ. В таком потоке за любой интервал длины λt получаем суммарный платеж $\lambda \Delta t$. Взятие небольших промежутков равной длины $[t_i, t_i + \Delta t]$ мы получаем приближенно современную величину для рассматриваемого потока $\sum_{i=0}^{\infty}(\mu^{-1t_i} \lambda \Delta t)$ и при $t \to 0$

получаем текущее значение потока

$A = \int_0^\infty \mu^{-t} \lambda \Delta t = \lambda / 1n\mu$.

1.8 Конечный постоянный регулярный поток

Пусть платежи в таком потоке равны a и следуют друг за другом в течение времени T. Такие потоки достаточно хорошо изучены (при положительных платежах они называются окончательной рентой). Формулы для текущей стоимости таких потоков также широко известны.

Текущая стоимость такого потока является суммой конечной геометрической прогрессии.

Конечный непрерывный поток постоянной плотности

Текущая стоимость такого потока определяется аналогично и равна $\lambda / 1n\mu(1 - \mu^{-t_k})$, где t_k – момент прекращения платежей.

2 Денежные потоки и их дисконтирование

Рассмотрим теоретические модели потоков, перечисленные выше. Как и все модели, они только приблизительно описывают реальные потоки.

2.1 Поток доходов от эксплуатации транспортного средства

Этот поток в идеале можно считать бесконечным непрерывным потоком постоянной плотности. Величина λ является значением дохода, получаемого от транспортного средства за единицу времени. Практически, в силу ограниченности времени эксплуатации транспортного средства, такой поток представляет собой конечный непрерывный поток постоянной плотности. Надо заметить, что плотность этого потока не является постоянной и скорее всего будет снижаться при увеличении периода эксплуатации.

2.2 Амортизационные отчисления

Этот поток можно рассматривать как конечный постоянный регулярный поток, ограниченный периодом амортизации (5-15 лет).

2.3 Капитальный ремонт и связанный с ним поток эксплуатационных расходов

Этот поток в идеале можно считать бесконечным регулярным постоянным потоком, но, для почти любого транспортного средства, количество капитальных ремонтов ограничено очень небольшим количеством (около 2-3), поэтому, вероятно, более точным считать его конечным постоянным регулярным потоком.

2.4 Поток затрат случайного ремонта и связанный с ним поток сопутствующих расходов

В идеале этот поток является бесконечным потоком Пальмы или даже простейшим, но, конечно, в действительности он конечен.

2.5 Поток затрат, связанных с текущим техническим обслуживанием автомобиля

Этот поток в идеале можно рассматривать как бесконечный непрерывный постоянной плотности. Значение λ - это стоимость текущих затрат на обслуживание, в т.ч. не только самого транспортного средства, за единицу времени. Практически, учитывая ограниченность периода эксплуатации

транспортного средства, такой поток является конечным непрерывным потоком постоянной плотности.

Поток затрат на технический осмотр и связанный с этим поток сопутствующих расходов

В идеале этот поток представляет собой бесконечный регулярный постоянный поток. Но на самом деле этот поток конечный.

3 Денежная оценка при принятии решений о продаже автомобилей

3.1 Прибыль от транспортного средства.

Проанализировав все вышеперечисленное можно найти современные величины. Мы вычитаем текущие значения всех других потоков из текущей стоимости потока операционного дохода, за исключением потока амортизационных отчислений (все они являются потоками расходов), и вычитаем цену транспортного средства, для которого он является купленный в данный момент (который является отправной точкой всех рассматриваемых потоков). Общая стоимость представляет текущую стоимость прибыли, полученной от этого транспортного средства за весь период его эксплуатации. Уместно назвать эту стоимость чистой приведенной стоимостью - по аналогии с теорией инвестиционных потоков, где такое количество называется чистой приведенной стоимостью проекта.

3.2 Приближение к реальности

Вышеуказанное моделирование денежных потоков является довольно произвольным. Например, не принимается во внимание, что капитальный ремонт может быть довольно длительным (иногда автомобиль может быть отправлен производителю). Некоторые формулы довольно сложны, и результат их использования очень приблизительны. Тем не менее, существует метод численного расчета с использованием компьютеров, который может быть очень эффективно использован для моделирования жизненного цикла транспортного средства. Этот метод называется имитационным моделированием. Чтобы его использовать, нужно знать достаточно много: характеристики денежных потоков, а также при необходимости распределение продолжительности ремонтов и их стоимость и т.д. При наличии такой полной информации, само моделирование не сложно и может дать ценные практические результаты.

3.3 Возможное обобщение

Если в транспортном предприятии имеется много различных транспортных средств, потоки от отдельных транспортных средств, перечисленные в работе, суммируются, и текущие значения различных денежных потоков, связанных с эксплуатацией транспортных средств, рассчитываются для суммарных потоков. Расчеты по отдельным транспортным средствам во многом теряют смысл.

Литература

1. *Капитоненко В.В.* Финансовая математика. -М.: ПРИОР, 2000.
2. *Лившиц В.Н.* Оценка эффективности инвестиционных проектов В сборнике: Эволюционная и институциональная экономика: вопросы теории и практики лекции IV Всероссийской летней школы молодых исследователей эволюционной и институциональной экономики. Институт социально-экономического развития территорий РАН МРОО центр эволюционной экономики. 2015. С. 33-52.

АЛГОРИТМЫ ТЕКУЩЕГО И АПОСТЕРИОРНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВНОГО ПОВЕДЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Гребенюк Е.А., Малинкина А.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
lgreben@ipu.ru, malinkinaav@gmail.com

Аннотация: В работе предлагаются алгоритмы обнаружения участков взрывного поведения нестационарных процессов. Рассматриваются два типа: алгоритмы обнаружения в режиме получения наблюдений и алгоритмы обнаружения по историческим данным. Эффективность алгоритмов иллюстрируется примерами обнаружения пузырей на исторических данных и результатами моделирования.

Ключевые слова: разностно-стационарные процессы, тесты на единичный корень, последовательный анализ, обнаружение и датирование пузырей, алгоритмы текущего и апостериорного обнаружения.

Введение

Большинство объектов финансового рынка и многие макроэкономические показатели являются процессами, для описания которых широко используются модели интегрированных нестационарных процессов, с дрейфом или без дрейфа. Интегрированными называются нестационарные процессы, которые после взятия конечного числа разностей описываются стационарными процессами, Такие процессы называют также разностно – стационарными или процессами с единичным корнем. Однако, в отдельные периоды, характеризующиеся бурным ростом или резким падением его значений, поведение процесса и, соответственно, его модельное описание, изменяются: процесс становится «взрывным». Ярким примером, может служить поведение цен финансовых активов при возникновении, существовании и схлопывании пузыря: в эти интервалы рост цен (а также их падение) происходит по экспоненте. Взрывное поведение не может продолжаться бесконечно долго, например, если в некоторый момент времени в разностно-стационарном процессе возникает пузырь, то процесс становится взрывным; и обратно, при схлопывании пузыря происходит изменение свойств процесса от взрывного к разностно - стационарному или стационарному.

Алгоритмы обнаружения изменений свойств временных рядов и датирования этих изменений можно разделить на 2 класса: алгоритмы, в которых принятие решений выполняется по историческим данным, в режиме off-line и алгоритмы, в которых принятие решений осуществляется в режиме on-line, по мере поступления наблюдений. В настоящей работе рассматриваются алгоритмы, предназначенные для мониторинга нестационарных процессов выполняемого с целью обнаружения взрывного поведения процесса в режиме получения текущих наблюдений и предложен апостериорный вариант алгоритма, который может быть использован для уточнения даты возникновения пузыря после его обнаружения.

1 Алгоритмы обнаружения пузырей в режиме мониторинга

1.1 Постановка задачи

Рассмотрим процесс $y_1, y_2, \ldots, y_t, \ldots$, который описывается параметрической моделью вида:

(1) $$\Delta y_t = \beta_t y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

где:

$$\beta_t = \begin{cases} 0, \text{ если } t = 1,2,\ldots,n \\ \dfrac{c}{k_t}, \text{ если } t = n+1, n+2, \ldots, T, \end{cases}$$

$k_n \to \infty,\ {k_t}/{t} \to 0,\ c > 0$, $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$, $\varepsilon_t \sim (0, \sigma^2)$ - последовательность независимых и одинаково распределенных случайных величин. Коэффициент βt определяет тип нестационарности процесса: если процесс интегрированный, то $\beta_t = 0$, если процесс взрывной, то $\beta_t > 0$.

Требуется:

1) при получении очередного наблюдения $y_t, t = 1,2,\ldots$ определить, становится ли наблюдаемый процесс взрывным или остается разностно стационарным и оценить момент перехода процесса от взрывного состояния к стационарному;

2) уточнить момент t_α перехода процесса от разностно стационарного процессак взрывному, если в результате решения задачи 1) в момент времени t_α процесс определен как взрывной.

В начальный момент времени процесс описывается моделью (1), где $\beta = 0.$ Схема мониторинга задается:

1) статистикой, вычисляемой по $r < m$ последним наблюдениям, которая принимает различные значения в случаях $\beta = 0$ и $\beta > 0$;

2) решающей функцией, при превышении которой заданного порога подается сигнал об изменении типа нестационарности процесса.

Порог выбирается таким образом, чтобы время, обнаружения после изменения значения β было как можно меньше при условии, что интервал между ложными обнаружениями не превышает заданной длины T.

1.2 Алгоритмы обнаружения пузырей в реальном времени

Алгоритмы обнаружения пузырей в режиме мониторинга рассматривались в работах [1-2]. Для мониторинга в [1] были предложены следующие статистки:

(2) $$CUSUM:\ S_n^t = \frac{1}{\hat{\sigma}_t}\sum_{j=n+1}^{t}\left(y_j - y_{j-1}\right) = \frac{1}{\hat{\sigma}_t}\left(y_t - y_n\right),$$

(3) $$FLUC:\ Z_t = \left(\hat{\beta}_t - 1\right)\Big/\hat{\sigma}_{\beta_t} = DF_{t/n} \qquad (t > n),$$

где $\hat{\beta}_t$ - МНК – оценка коэффициента β_t в (1) на момент времени, $\hat{\sigma}_{\beta_t}$ - оценка стандартного отклонения этой оценки, $\hat{\sigma}_t^2$ - состоятельная оценка дисперсии остатков.

В работе [3] также используется статистика (3). Однако, авторы применяют эту статистику к историческим данным, и критические значения этой статистики, при которых ошибки теста не превышают заданного уровня доверительной вероятности, зависят от объема T тестируемой выборки.

В работах [4-5] рассматривались и исследовались алгоритмы, основанные анализе логарифма отношения плотностей распределения статистики до и во время взрывного поведения процесса. В качестве статистики рассчитывался эмпирический коэффициент корреляции в окне длиной 8-10 точек между процессами $\{\Delta Y_i\}_{i=1}^{t}$ и $\{Y_i\}_{i=0}^{t-1}$: В качестве основной статистики в алгоритме обнаружения использовался эмпирический коэффициент корреляции. При малой длине окна распределение обоих процессов и их совместное распределение является нормальным, а процессы стационарными. Поэтому плотность распределения эмпирического коэффициента корреляции в выбранном окне может быть описана распределением Кенуэя [6]. В [4] :был построен алгоритм кумулятивных сумм, предназначенный для обнаружения изменений свойств процесса от интегрированного к взрывному и от взрывного к интегрированному и датирования моментов этих изменений. В [5] было проведено исследование предложенного алгоритма методами статистического моделирования и его сравнение с алгоритмами, исследованными в работах [2-3], которое подтвердило его эффективность.

2 Алгоритмы обнаружения пузырей по историческим данным в режиме on-line

Если алгоритм мониторинга обнаружил существование пузыря, то по историческим данным мы можем уточнить дату его возникновения. Проведенные модельные эксперименты показали, что последовательное применение алгоритмов мониторинга для обнаружения факта возникновения пузыря и предлагаемого в работе для уточнения даты его возникновения апостериорного алгоритма позволяет повысить точность оценки момента возникновения пузыря. Апостериорный алгоритм включает следующие шаги:

При получении сигнала об обнаружении пузыря от алгоритма мониторинга выделяется участок выборки $[t_0, t_1]$, включающий момент t_a, в который был обнаружен пузырь, , где длина каждого из сегментов $[t_0, t_a]$, $[t_a, t_1]$ больше длины окна для расчета коэффициента корреляции;

В каждой точке отрезка $[t_0 + d - 1, t_1 - d + 1]$, где d – длина окна для расчета коэффициента корреляции вычисляется статистика: :

$$\Delta_1^N(j) = \ln\frac{\prod_{i=1}^{j-1} f(r_j, r_1)\prod_{i=j}^{N} f(r_j, r_2)}{\prod_{i=1}^{N} f(r_j, r_1)} = \sum_{i=j}^{N}\left[\ln f(r_j, r_2) - \ln f(r_j, r_1)\right].$$

где $N = t_1 - t_0 - 2d + 1$, $t = t_0 + d - 1, t_0 + d, \ldots, t_1 - d$.

Оценка момента изменения свойств j получается по формуле:

$$j = \arg\max_{1 \le j \le n}\left(\sum_{i=j}^{N}\left[\ln f(r_j, r_2) - \ln f(r_j, r_1)\right]\right).$$

3 Результаты экспериментальной проверки алгоритмов

Для сравнения точности оценок последовательного и апостериорного алгоритмов был проведен эксперимент на ежемесячных исторических данных, собранных за период (август, 1972 г. - по апрель

2009) Рассматриваемый период включает значительное число кризисных событий, которым предшествуют рациональные «пузыри». По оценкам экономистов на рассматриваемом интервале имеется 4 пузыря. Эти данные обрабатывались последовательным и апостериорным алгоритмами, представленными выше. По результатам сравнения, апостериорный алгоритм указывает обычно более раннюю дату пузыря, чем последовательный алгоритм и оценки экономистов.

Поскольку в реальных примерах точная дата пузыря не может быть известна, то сравнение алгоритмов было дополнено результатами моделирования по Монте-Карло.

Проведенные эксперименты показали, что апостериорный алгоритм уменьшает величину среднего отклонения оценок моментов возникновения и схлопывания пузыря, полученных последовательным алгоритмом в 2 раза.

Литература

1. *Chu, C.-S. J., Stinchcombe M., and White H*. Monitoring Structural Change. Econometrica №64, 1996. - P. 1045–1065..
2. *Homm U., Breitung J*. Testing for Speculative Bubbles in Stock Markets: A Comparison of Alternative Methods// Journal of Financial Econometrics, , Vol. 10. 2012, № 1, – P. 198–231.
3. .*Phillips P. C. B., Wu Y., and Yu J*. Explosive Behavior in the 1990s Nasdaq:When Did Exuberance Escalate Asset Values? //International Economic Review. Vol.52. 2011, № 1. – P. 201–226.
4 *Гребенюк Е. А., Малинкина. А.В* Применение методов эконометрического анализа данных для идентификации и датирования «пузырей» на финансовых рынках//Проблемы управления. –2014. – N 5. – С. 50-58.
5 *Гребенюк Е. А., Малинкина А.В*. Сравнение методов эконометрического анализа данных для идентификации финансовых пузырей //Проблемы управления. –2017. – N 4. – С. 17-25.
6 *Kenney J.F., and Keeping E.S*. Mathematics of Statistics. Pt. 2. – 2nd ed. – Princeton, NJ: Van Nostrand, 1951.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ

Гринева Н.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский просп., 49.
ngrineva@fa.ru

Аннотация: Выявлены наиболее критичные информационные системы Банка, получен список классов угроз. Предложена методика оценки вероятности реализации угроз, прогнозируемого уровня потерь и частоты реализации угрозы, ожидаемого значения ущерба в год для каждого типа нарушений. Предложена система управления рисками и выработаны рекомендации по ее применению.

Ключевые слова: оценка рисков, управление рисками, информационная безопасность, активы компании, ущерб.

Работа выполнена по гранту РФФИ №19-010-00698 на тему: «Развитие теории интеллектуального капитала и методов его оценки в условиях цифровизации экономики».

Введение

Процесс управления рисками информационной безопасности включает в себя идентификацию значимых угроз и критичных информационных систем, проведение первичной оценки, предотвращение развития риска, выбор тактики устранения риска, восстановление безопасности после инцидента, документирование риска, оценку нанесенного ущерба, выработку превентивных и корректирующих мер.

В результате повсеместного распространения электронных платежей, банковских карт, компьютерных сетей, стремительно растущей популярности услуг, предоставляемых клиентам посредством интернет-технологий, значительно увеличилось количество угроз целью воздействия которых является влияние на информацию ограниченного доступа. Угрозы воздействуют на три свойства информационных активов: конфиденциальность, целостность и доступность. Согласно опросу, доля людей, оценивающих риски информационной безопасности «на глазок» около 30%, около 16% людей не оценивают риски или считают это бессмысленным [4].

Основная цель принимаемых мер по управлению рисками информационной безопасности и защите информации состоит в том, чтобы обеспечить целостность, доступность и конфиденциальность информации во всех ее видах и формах.

1 Идентификация риска

Под информационными активами в работе будут пониматься информационные системы Банка, так как в них хранится, обрабатывается и через них передается информация ограниченного доступа. В ходе анализа деятельности Банка были выявлены наиболее критичные информационные системы:

- Система дистанционного банковского обслуживания (ДБО).
- Система автоматического скоринга заёмщиков.
- Система IBSO(IB System Object).
- СистемаSWIFT(Society of Worldwide Interbank Financial Telecommunications).
- Корпоративная электронная почта.
- Система предоставления доступа работников в интернет.
- Система обслуживания банковских карт.

Неблагоприятное событие состоит в реализации угрозы. Разделим угрозы на 5 классов, сформированные относительно свойств информационных активов: конфиденциальности, целостности и доступности. При этом нарушения целостности и доступности проанализируем за два временных промежутка (1 час и 4 часа), таким образом сможем оценить, как изменяется уровень потерь в зависимости от времени. Получаем следующий список классов угроз: К – класс угроз, связанных с нарушением конфиденциальности информационных систем Банка; Ц1 – класс угроз, связанных с нарушением целостности информационных систем Банка в течение 1 часа; Ц2 – класс угроз, связанных с нарушением целостности информационных систем Банка в течение 4 часов; Д1 – класс угроз, связанных с нарушением доступности информационных систем Банка в течение 1 часа; Д2 – класс угроз, связанных с нарушением доступности информационных систем Банка в течение 4 часов.

Наиболее распространенным классом угроз является класс, связанный с нарушениями доступности информационных систем. Среди выявленных угроз самым распространённым видом источников угроз является антропогенный, так как он обусловлен действиями человека. Самой актуальной из внешних угроз является киберугроза [5].

По выявленным угрозам был построен шаблон рисков, в котором выявлены факторы, повышающие и понижающие информационный риск для каждого класса угроз. Список угроз был сформирован при использовании документов: ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 [1] и банка угроз безопасности информации, разработанный Федеральной службой по техническому и экспортному контролю России (ФТСЭК).

2 Оценка риска

Оценка выявленных событий будет проведена относительно критичных информационных систем Банка. Рассчитаны вероятности реализации угроз, прогнозируемый уровень потерь и прогнозируемая частота реализации угрозы в год. Получены формулы для ожидаемого значения ущерба в год для каждого типа нарушений в информационных системах (конфиденциальности/ целостности/ доступности), которое оценивается по-разному.

С помощью вычисления суммы по всем информационным системам получаем прибыль, которую Банк мог бы получить от реализации соответствующих банковских операций. Потерянная прибыль из-за недоступности информационных систем и есть ущерб от угроз нарушения конфиденциальности/ целостности/ доступности.

Для того, чтобы оценить совокупное влияние всех выявленных угроз необходимо провести общую оценку возможных потерь при их одновременной реализации.

Все вышеперечисленные формулы при их объединении в одну систему по своей сути представляют собой методику по оценке вероятности и уровня потерь от реализации угроз. Объединим их в одну систему и отметим, что при условии зависимости параметров от времени уравнения образуют предикативную экономико-математическую модель, которая выглядит следующим образом:

$$
(9)\begin{cases}
Pk(t) = (1 - PPk)(1 - PDk)(1 - Ck), \\
Fk(t) = Pk(t) * FOk, \\
Lk(t) = Dk * Fk(t), \\
DK(t) = DK(t-1) * Ik, \\
Pu_i(t) = \left(1 - PPu_i\right)\left(1 - PDu_i\right)\left(1 - Cu_i\right) \\
Fu_i(t) = Pu_i(t) * FOu_i, \\
Lu_i(t) = DЦ_i(t) * Fu_i(t), \\
DЦ_i(t) = DЦ_i(t-1) * Iu * T_i, \\
Pd_i(t) = (1 - PPd_i)(1 - PDd_i)(1 - Cd_i), \\
Fd_i(t) = Pd_i(t) * FOd_i, \\
Ld_{i,j}(t) = DD_{i,j}(t) * Fd_i(t), \\
DD_{i,j}(t) = T_i * \sum_{j=1}^{n} Pr_j * Q_j, \\
Sum = \sum_{j=1}^{n} \max\left(Ld_{i,j}(t)\right) + \sum_{j=1}^{n} \max\left(Lu_{i,j}(t)\right) + \sum_{j=1}^{n} Lk_j\,(t), \\
Lim = \frac{Sum}{Kb} \\
i = 1,2; n = 7; T_i = \begin{cases} 1, i = 1 \\ 4, i = 2 \end{cases}
\end{cases}
$$

где Pk, Pц$, Pd$ – вероятность того, что угроза (нарушение К, Ц, Д) соответственно будет реализована; PPk, PPц$, PPd$– вероятность того, что угроза (нарушение К, Ц, Д) соответственно будет предотвращена; PDk, PDц$, PDd$– вероятность того, что угроза (нарушение К, Ц, Д) соответственно будет обнаружена; Ck, Cц$, Cd$ – вероятность того, что угроза (нарушение К, Ц, Д) не будет реализована из-за сложности реализации; Fk, Fц, Fd – прогнозируемая частота реализации угрозы (нарушение К, Ц, Д) в год; FOk, FOц$, FOd$ – прогнозируемая частота возникновения угрозы (нарушение К, Ц, Д) в год; DD, DK, DЦ – ожидаемое значение ущерба от реализации угрозы в год (нарушений К, Ц, Д); Lk, Lц$, Ld$ – уровень потерь от реализации угрозы (нарушений К, Ц, Д); T – период влияния нарушения на деятельность Банка (в часах); Pr – средняя прибыль от банковской операции в час; Q – коэффициент, учитывающий уровень влияния нарушения доступности информационной системы на банковские операции; $t, t-1$ – текущий и предыдущий анализируемые периоды; i – количество типов угроз Д или Ц; j – количество информационных активов (систем) Банка.

3 Управление риском

Для выявленных опасных угроз разработаны меры, с помощью которых возможно снизить частоту реализации угрозы в год и потери, которые понесет Банк в случае ее реализации. С целью обеспечения бесперебойной доступности информационной системы, принимаем решение о дополнительных инвестициях в необходимое оборудование – покупка дополнительного оборудования для повышения мощности сервера позволит минимизировать количество простоев банкоматов / терминалов по обслуживанию банковских карт, что минимизирует упущенную выгоду (прибыль по банковским операциям) и, как следствие, потери Банка.

Предполагается, что необходимо сделать единовременные инвестиции на сумму 10 350,0 тыс. руб. Внедрение соответствующего оборудования позволит снизить потери от реализации угрозы Д1 (нарушения доступности системы обслуживания банковских карт в течение 1 часа) на 9 030,911 тыс. руб. ежегодно. С помощью предлагаемой инвестиции, Банк сможет снизить потери чуть больше чем в 2 раза за счет того, что снизит частоту реализации угрозы Д1 в год (вместо 7,02 получаем 3,5) посредством установки покупаемого оборудования в рамках проекта.

Для устранения угрозы нарушения конфиденциальности относительно системы обслуживания банковских карт (К) пойдем по уже рассмотренному пути и инвестируем в требуемое оборудование и системы защиты информации. Оценка строится аналогично: при затратах на инвестиции в 1350,0 тыс. руб. экономия на потерях составит 1130,388 тыс. руб. ежегодно. С помощью предлагаемой инвестиции, Банк сможет снизить потери по угрозе К относительно системы обслуживания банковских карт чуть больше, чем на 30% за счет того, что снизит частоту реализации угрозы в год (вместо 0,7 получаем 0,49).

Затраты на разработку продукта включают в себя только дополнительно оплачиваемые часы ответственным сотрудникам и составят 350 тыс. руб. Ожидаемый эффект от реализации разработки

будет заключаться в снижении частоты сбоев сервера практически в 2 раза (вместо 1,62 получаем 0,81).

Выводы

В работе проведен значительный блок расчетов по всем предлагаемым видам угроз и по всем информационным системам, выделенным для анализа: были оценены такие показатели как вероятность возникновения угрозы, вероятность предотвращения угрозы, вероятность реализации угрозы, сложность реализации угрозы, частота реализации угрозы, ущерб от реализации угрозы и другие.

На основе предлагаемой методики оценки информационного риска Банка сделаны рекомендации по совершенствованию системы обеспечения информационной безопасности Банка, среди которых к наиболее важным стоит отнести построение системы четкого разграничения полномочий сотрудников Банка к информационным системам, обеспечение наличия современных средств информационной защиты (и соответствующего оборудования) для функционирования информационных систем Банка в непрерывном режиме.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006. «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования»(утв. и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 27.12.2006 N 375-ст).
2. *Гринева Н. В.* Методологические основы управления рисками инвестиционно-инновационного проекта // Экономика и управление: теория и практика. – 2018. – Т. 4, № 4-1. – С. 50–55.
3. *Гринева Н.В.* Моделирование оценки убытков от информационных угроз в банковской отрасли //Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики :сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17–19 декабря 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2019. –720-726с.
4. http://www.iso27000.ru/golosovaniya/plonepopoll.2007-02-01.0594390779
5. https://fstec.ru/

ЭФФЕКТИВНОЕ ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНСТИТУТОВ

Гусева Н.М.

АНО "Институт дополнительного профессионального образования "Международный финансовый центр", Россия, г. Москва ул. Буженинова д.30 с.1

natalia_mg@mail.ru

Медведев Г.Б.

Институт экономики РАН, Россия, г. Москва Нахимовский пр-т д.32

medvedev_georgii@mail.ru

Аннотация: Обосновано, что тщательное изучение проблемы, выявляемой в области предметной деятельности государственного института - ключевой фактор эффективного внедрения и применения ИТ, как с точки зрения экономической эффективности, так и достижения запланированных результатов проекта. На этой основе предлагается подход к повышению эффективности ИТ проектов.

Ключевые слова: ИТ, проблемно-ориентированный подход, ценность за деньги, общественный сектор, эффективность.

Введение

Предметом исследования является решение задач, возникающих в процессе реализации органами государственного управления своих уставных целей деятельности при помощи экономного и эффективного внедрения информационных технологий. Будет показано, что общая идеология внедрения информационных технологий в деятельность государственных учреждений (как, впрочем и крупных компаний, которые различными методами получают прямую или косвенную государственную поддержку) базируется на «достижении заданных результатов любой ценой». При том, что сама результативность не всегда очевидна (соответствие индикаторов, выражающих результативность функционирования объекта и адекватность их подсчета - предмет для отдельного исследования в каждом конкретном случае). Результативность слишком часто понимается в терминах «тотальной информатизации» − разработки и внедрения больших информационных систем без

анализа реальной потребности организации в заложенном в них функционале или «закупки любой ценой» − без проведения анализа «стоимость-эффективность», выявления альтернативных менее затратных способов решения поставленных задач или напротив − предоставление средств на закупку, без учета необходимости проведения подготовительных работ и последующего обслуживания.

Исследования ряда Западных ученых впрямую говорят о том, что положительный эффект от внедрения ИТ гораздо в большей степени характерен для развитых стран, чем для развивающихся [1]. Очевидно, что это связано с долей добавленной стоимости в ИТ секторе, создаваемой в стране. С этой точки зрения Россия гораздо ближе к развивающимся странам. Из российского в ИТ (поставляемых массово в «гражданские» госучреждения и тем более в бизнес) - только определенная доля программного обеспечения, полностью базирующегося на СУБД, ОС, периферии и «железе» зарубежного производства. Таким образом, высвободившийся в результате внедрения в госучреждениях труд, в ряде случаев негде приложить. Особенно это нужно учитывать, к примеру, в моногородах, где государственный сектор обеспечивает ключевую для города занятость трудоспособного населения, обеспечивающего наряду с пенсионерами и «вахтовиками» местное рыночное потребление.

Эта проблема характерна не только для России. Согласно исследованию The International Association of Information Technology Asset Managers (IAITAM) расходы на информатизацию федеральных органов исполнительной власти США в расчете на 1 сотрудника более чем в 5 раз превышают аналогичный показатель для частного сектора [1]. По другим данным более половины расходов на информатизацию государственного сектора США неэффективны. Выше мы уже указали на коренное отличие России и США в вопросах цифровизации. Предел прочности российской экономики в части подобных неэффективных расходов существенно меньше, чем в США.

1 Подходы к внедрению информационных технологий

Специалисты в области информатизации указывают на необходимость четкого обоснования целей и задач применения информационных технологий в организации на основе формулирования определенной проблемы или группы проблем основной деятельности организации и обоснования того, что применение информационных технологий является наилучшим подходом к решению именно этой проблемы или группы проблем. Так, Б.Г. Медведев указывает, что информационные технологии можно рассматривать с двух точек зрения [2]. Первая рассматривает информационные технологии в качестве комплекса программных и технических средств, предназначенных для выполнения разнообразных вычислительных операций, хранения информации в закодированной форме, предоставления и передачи ее от одного или нескольких источников ее получателям. В рамках второго подхода информационные технологии рассматриваются в качестве нового орудия труда, применение которого направлено на повышение эффективности человеческой деятельности в разных отраслях экономики [2]. В настоящее время на рынке имеется значительное разнообразие программных средств и аппаратного обеспечения информационных технологий. Зачастую «информатизация» деятельности учреждений государственного сектора осуществляется в рамках первого подхода, т.е. вначале производится закупка техники и программного обеспечения, позволяющих решать определенные задачи, а лишь затем осуществляется встраивание приобретенных информационных технологий в текущую деятельность учреждения. Подобный подход несет в себе ряд проблем, а именно:

- отсутствие четкого представления о проблемных участках текущей деятельности учреждения и возможностей их решения с помощью приобретаемых информационных технологий;
- отсутствие в приобретаемой информационной технологии необходимых функциональных возможностей;
- невозможность в полной мере реализовать все возможности, предоставляемые в рамках внедряемых информационных технологий из-за отсутствия анализа их соответствия потребностям учреждения и недоучета всех необходимых для успешного внедрения информационных технологий ресурсов организации (например, необходимости обучения сотрудников использованию информационных технологий);
- невнимание к процессу управления организационными изменениями в данном случае, выражающимися во внедрении информационных технологий в текущую деятельность сотрудников учреждения, что может вызвать неприятие или игнорирование ими закупленных программных средств и аппаратного обеспечения.

В результате, внедрение информационных технологий может существенно не повлиять на повышение эффективности деятельности учреждения, а значит и не решать целевой задачи - повышения эффективности использования государственных средств.

Западные специалисты придерживаются аналогичной точки зрения, утверждая, что эффективное внедрение того или иного управленческого инструмента (в том числе, ИТ) возможно лишь в случае досконального изучения проблемы и обоснования того, что именно этот инструмент является наилучшим, с точки зрения ценности за деньги для решения этой проблемы. Приводится следующий подход, который по опыту его авторов, способствует к получению эффективного решения, характерного как адекватными затратами на его осуществление, так и получением целевого результата: 1. максимально более детальный анализ выделенной проблемы; 2. обзор всевозможных решений, применимых к данной проблеме; 3. проверка адекватности предварительно отобранных решений; 4. выявление решения с наилучшей ценностью за деньги для решения проблемы [3].

2 Практическая реализация ИТ проекта в организации государственного сектора

При создании и внедрении информационной технологии автоматизации деятельности ревизоров бюджетных средств в контрольно-надзорных службах мы исходили из второго подхода к информационным технологиям (по Б.Г. Медведеву) [2] – как к средству повышения эффективности текущей деятельности ревизора. Задачи для информатизации и автоматизации были продиктованы проблемами, связанными с осуществлением ревизором обязанностей по проведению проверок финансово-хозяйственной деятельности (ФХД) бюджетных организаций.

Мероприятия по повышению эффективности деятельности контрольно-надзорных службах в области финансового контроля, в том числе связанные с внедрением информационных технологий, с точки зрения научного подхода к управлению можно квалифицировать как комплексные организационные изменения. Соответственно, для их удачной реализации потребовалось применение научных подходов к управлению организационными изменениями, изложенных, в частности, в трудах Дж. Коттера [4]. Подход Коттера был выбран в связи с его комплексностью, подразумевающей рассмотрение и управление организационным изменением на всем протяжении жизненного цикла изменения.

Анализ предметной области выявил были выявлены следующие основные проблемы в деятельности ревизоров:

- не существовало единого стандарта представления и последующей обработки ревизором информации, получаемой им в процессе проверки;
- производительность труда ревизоров значительно снижена (относительно потенциально возможной) из-за необходимости занесения и обработки им вручную значительного количества информации;
- не вся деятельность по проведению ревизии, при существовавших на тот момент внешних условиях (технологии, нормативная база) могла быть автоматизирована, так как ревизор, во многом, работал по проверке первичных документов.

В результате была поставлена задача разработать программное средство, позволяющее автоматизировать определенные рутинные участки работы ревизора при проведении проверок ФХД бюджетных учреждений.

На момент постановки задачи (и по сегодняшний день) не существует других подобных разработанных и внедренных средств автоматизации (для решения ряда специфических задач автоматизации работы ревизоров). Обычной практикой было использование ревизорами при проведении ревизий таблиц Excel для облегчения своей работы, разработанных каждым ревизором под себя самостоятельно, что приводило к изложенным выше проблемам.

Поэтому первоначально был выбран мы решили выбрать для автоматизации один из небольших этапов проведения ревизии, который с одной стороны в принципе можно было автоматизировать, а с другой стороны, дающий возможность в обозримые сроки пройти путь от разработки алгоритма программы до внедрения. Такой подход позволил сэкономить бюджетные средства на разработку на первом, самом тяжелом исследовательском этапе.

Разработанный в результате программный продукт "Финконтроль" давно уже вышел за рамки ревизионной деятельности и специфики только контрольно-надзорных служб, предоставляя государственным органам, организациям и институтам значительные возможности автоматизации ряда рутинных процедур финансового контроля (внешнего или внутреннего, в зависимости от задач организации).

"Финконтроль" внедрен в целом ряде государственных органов, многих министерствах и ведомствах, различных учреждениях России. Спрос на него остается стабильным в результате четкого определения предметной области применения и возможности эффективного и экономного решения поставленных задач. Наступает новый этап и необходимость его интеграции в систему электронного бюджета. Стоимость лицензии составляет 19 тысяч рублей на организацию. Издержки для проверяемой организации по результатам лишь одной допущенной ошибки в отчетности - штраф составляет на текущий момент от 10 до 50 тысяч рублей на должностное лицо. По результатам проверок, зачастую, штрафные санкции за нарушения в организациях составляют миллионы рублей, весомой части которых можно избежать применяя "Финконтроль". Этим обосновывается показательность выбранного нами примера для иллюстрации подхода к цифровизации с позиции обеспечения "ценности за деньги" и повышения эффективности решения задач, стоящих перед государственными институтами.

Литература

1. Understanding the federal government's "IT insecurity" crisis, IAITAM report, 2015. [электронный ресурс] URL: https://iaitam.org/wp-signup.php?new=ws.
2. *Медведев Б.Г.* Применение современных информационно-коммуникационных технологий в управлении крупными городами. В монограф. Основы экономики крупного мегаполиса/[П.И. Бурак (рук. авт. коллект.) и др.] – М. ЗАО Издательство «Экономика», 2009.−с. 212-232.
3. *J.A.W. Castle, R.Porter, J.V. Hayden* Motorway control systems: Planning and designing to maximise value for money//IET and ITS Conference on Road Transport Information and Control (RTIC 2012).
4. *Коттер Дж.* Впереди перемен. – М.: "Олимп-бизнес", 2009. – 256 с.

ПОИСК МЕХАНИЗМА ТОРМОЖЕНИЯ ИНФЛЯЦИИ

Дадян Э.Г.

ФГОБУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ»,
Россия, г. Москва ,Ленинградский проспект, д.51
dadyan60@yandex.ru

Аннотация: Целью исследования является поиск механизма снижения инфляции, или хотя бы, торможения ее резкого увеличения при нежелательных изменениях стоимости нефти и котировок валют. В работе вводится понятие «слабо изменяющийся инфляционный интервал». Под слабо изменяющимся инфляционным интервалом понимается интервал значений уровня инфляции, мало зависящий от курсов валют, а опосредовано, и от стоимости нефти.Поставленная цель реализуется поиском методики вычисления и исследованием влияния стоимости золота на формирование слабо изменяющегося инфляционного интервала.

С помощью нейро сетевых технологий и Microsoft Excel определяется влияние стоимости золота и нефти на этот интервал. На основе анализа графической интерпретации процесса делаются соответствующие выводы по характеру и степени их влияния. Для практического применения даются рекомендации по приемлемым значениям стоимости золота с точки зрения реального увеличения слабо изменяющегося инфляционного интервала. Для прогнозирования поведения зависимости точки резкого увеличения инфляции от стоимости грамма золота при задании новых значений этого параметра предлагается использовать табличный процессор Microsoft Excel и соответствующие методы прогнозирования, описанные в справке табличного процессора. Результаты исследования могут, на наш взгляд, представить практический интерес для стабилизации уровня инфляции в определенных пределах регулированием стоимости золота.

Ключевые слова: нейро сеть; стоимость нефти; существенные факторы; курс доллара; курс евро; стоимость золота; неизменяемый инфляционный интервал.

Целью данной работы является показать существование интервала относительно небольших изменений уровня инфляции при нежелательных изменениях стоимости нефти и курсов валют, с одной стороны, и возможности управления величиной этого интервала с помощью соответствующего регулирования стоимости золота.

Для качественного и количественного решения поставленной задачи, определения зависимости уровня инфляции от котировки доллара при различных значениях стоимости золота, как параметра, автор использовал богатейшие возможности нейро сетевых технологий.

В качестве инструмента исследовательской работы, в силу ряда преимуществ, была выбрана аналитическая нейронная сетевая платформа Deductor Studio, разработанная фирмой BASE GROUP (РФ, город Рязань) [см. 1].

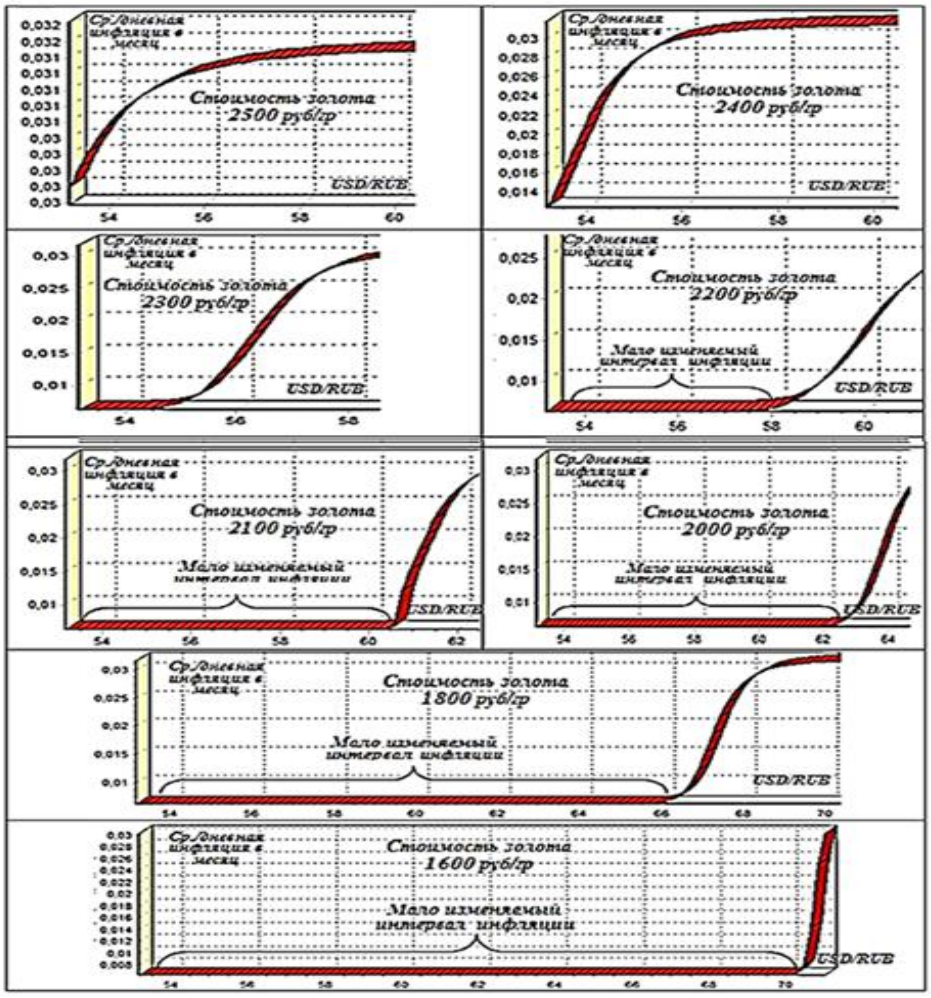


Рисунок 1. Графики зависимости средней дневной инфляции в месяце от курса доллара при различных значениях стоимости золота

Результаты обучения нейронной сети были получены на основе обучающей выборки, полученной с помощью используемой профессиональными инвесторами трейдинговой системы Bloomberg. Тестовые данные были взяты из той же трейдинговой системы, для проверки качества работы нейронной сети.

После ввода и обработки данных в Deductor Studio формируется, так называемая «обучающая выборка», включающая входные данные (измерения) и выходные данные (факты). После установления соответствующих параметров сети выполняется собственно обучение и формирование многопараметрической экспертной системы[см. 2, 3]. Для выявления существования интервала относительно небольших изменений уровня инфляции при нежелательных изменениях стоимости нефти и курсов валют, с одной стороны, и возможности управления величиной этого интервала регулированием стоимости золота, применялся метод "Что-если" хорошо обученной нейронной сети. Проще говоря, проводился эксперимент, в котором исследовалось поведение точки резкого увеличения уровня инфляции в зависимости от значений курса доллара и стоимости грамма золота, используемого в качестве дискретного параметра. Анализ в режиме "Что-если" позволил в конечном итоге получить многочисленные графики зависимости уровня инфляции от курса доллара при дискретно изменяющейся стоимости грамма золота. Наиболее наглядные из них графики с соответствующими значениями параметра «стоимость грамма золота» приведены на рисунке 1.

Анализ полученных многочисленных графиков зависимости уровня инфляции от курса доллара при дискретно изменяющейся стоимости грамма золота, часть из которых приведена на рисунке 1, позволил сделать следующие выводы:

1. Определяется явное влияние стоимости грамма золота на значение точки резкого увеличения уровня инфляции.

2. Определяется, что с уменьшением стоимости грамма золота возрастает значение точки резкого увеличения уровня инфляции, т.е. зависимость слабо изменяемого инфляционного интервала обратно пропорциональна стоимости золота.

3. Определяется возможность изменения значения интервала относительно небольших изменений уровня инфляции за счет регулирования стоимости грамма золота.

Зависимости уровня инфляции от курса евро, опосредовано и от стоимости нефти, практически совпадают по характеру поведения с зависимостью уровня инфляции от курса доллара. Поэтому, они не приводятся.

На основании графиков, представленных на рисунке 1, была сформирована таблица, представленная на рисунке 2. В эту таблицу были размещены экспериментальные значения точек резкого увеличения уровня инфляции (точек перегиба графиков) и соответственные значения стоимости грамма золота.

На рисунке 3 приведен график зависимость точки резкого увеличения инфляции от стоимости грамма золота, построенный по данным таблицы рисунка 2 в среде табличного процессора Microsoft Excel.

Точка резкого увеличения инфляции	*Стоимость золота в гр.*	
53	2500	*Экспериментальные значения*
53,5	2400	
55	2300	
58,5	2200	
60,5	2100	
62,5	2000	
66	1800	
70	1600	
71	*1593,684559*	*Прогнозные значения*
72	*1555,164183*	
73	*1517,574869*	

Рисунок 2 Таблица экспериментальных и прогнозных значений

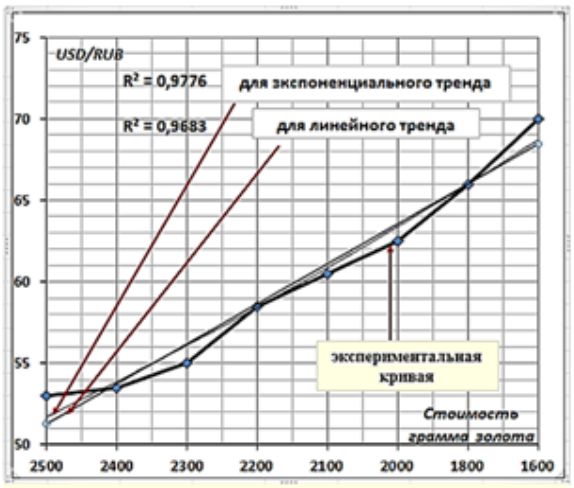


Рисунок 3. Зависимость точки резкого увеличения инфляции от стоимости грамма золота

Далее, были построены два тренда (линейный и экспоненциальный) для кривой графика с выводом величин достоверности аппроксимации R2 . Для прогнозирования поведения кривой графика для новых значений точек резкого увеличения инфляции использовались встроенные функции РОСТ и ТЕНДЕНЦИЯ табличного процессора Microsoft Excel. Сравнение величин достоверности аппроксимации линейного и экспоненциального трендов позволило выбрать функцию РОСТ (R2 экспоненциального тренда > R2 линейного) для прогнозирования процесса. Результаты выполненных вычислений и прогнозные значения приведены и отмечены в таблице рисунка 2 и на рисунке 3.

Литература

1. *Н. Паклин, В. Орешков*, Бизнес-аналитика: от данных к знаниям, BaseGroup Labs, ООО «Лидер», Санкт-Петербург, 2009.
2. *Barras, L., O. Scaillet, et al.* False Discoveries in Mutual Fund Performance: Measuring Luck in Estimated Alphas // The Journal of Finance – 2010 - 65(1) – с. 179-216.Daniel, K., M. Grinblatt, et al. (1997). "Measuring Mutual Fund Performance with Characteristic-Based Benchmarks" // The Journal of Finance – 1997 - 52(3) – с. 1035-1058.
3. *Elton, E.J., M.J.* Gruber и соавт. Incentive Fees and Mutual Funds // The Journal of Finance – 2003 - 58(2) – с. 779-804.
6. *Дадян Э.Г.,* Валютный рынок России в условиях «турбулентности экономики. «Проблемы современной науки и образования / Problems of modern science and education», № «12» (30) 2014, Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 0,373 (по данным на 11.12.2014), входит в перечень ВАК, Свидетельство регистрации СМИ ПИ № ФС 77 - 47745 от 09.12.2011 г., ISSN 2304-2338.
7. *Дадян Э.Г.,* Валютный рынок России в условиях глубокого кризиса. Сборник научных трудов 15 международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании»

(Применение технологий "1С" для формирования инновационной среды образования и бизнеса) – Паблишинг, 2015, Москва.
8. *Дадян Э.Г.,* Влияние некоторых существенных факторов на формирование курсов валют. V Международная конференция «Наука в современном информационном обществе» 26-27.01.15, North Charleston, USA IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2015.

СТРАТЕГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ В ВЫБОРЕ ПАЕВОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ФОНДА

Дадян Э.Г.

ФГОБУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Р оссия, г. Москва, Ленинградский проспект, д.51

dadyan60@yandex.ru

Аннотация: Работа посвящена анализу и поиску методики вычисления показателей эффективности паевых фондов. Существует множество факторов способных повлиять на доходность от вложений в портфельные инвестиции, что делает выбор фонда невероятно сложным. Однако, помимо того, что трудно определить каким показателям стоит уделить больше внимания, а какие следует опустить, раздобыть эти данные не так-то просто. Некоторые из них находятся в общем доступе в Интернете, другие можно найти только в трейдинговых системах, недоступных для людей, несвязанных с этой сферой.

В работе доказывается, что хорошо обученная нейронная сеть, без труда находит существующие закономерности между риском и предполагаемым доходом от вложений. Что хорошо обученная нейронная сеть предоставляет возможность с помощью функции «Что- если» базировать свой выбор на реальных факторах, а также, возможность загрузить имеющиеся данные и рассчитать предполагаемый доход и его изменения. Это значительно упрощает выбор фонда, особенно, для неопытных инвесторов.

Ключевые слова: эффективность паевых фондов; глубокий кризис в экономике; прогноз эффективности; формирование модели; финансовые вложения; предполагаемый доход; паевые фонды; CAPM; нейронные сети.

Введение

Целью данной работы является изучение факторов существенного влияния на оценку рисков финансовых вложений и прогнозирование их эффективности с помощью нейронных сетей.

Необходимые исходные данные для формирования таблицы «Обучающая выборка» нейронной сети, были заимствованы из трейдинговой системы Bloomberg.

По мнению профессиональных управляющих портфелями инвестиций наиболее важными факторами при оценке фондов являются: «бета» и «альфа» коэффициенты, волатильность, корреляция и некоторые другие, рассматриваемые при решении поставленной цели. При этом достаточно информативной можно считать модель оценивания финансовых активов (CAPM model, далее CAPM) непосредственно связанная с перечисленными факторами [1].

2 Методика оценки эффективности паевых фондов и ее применение

В качестве инструмента исследовательской работы, в силу ряда преимуществ, была выбрана аналитическая нейронная сетевая платформа Deductor Studio, разработанная фирмой BASE GROUP (РФ, город Рязань) [2].

Предполагаемый доход от вложений, рассчитанный автором по модели оценивания финансовых активов CAPM, зависит от тех или иных показателей. Их 14: Название ПИФа, Категория ПИФа, Страна ПИФа, Rm (%), Rf (%), Доход за день (%), Доход за год (%), Доход за 3 года (%), Доход за 5 лет (%), бетта, альфа, Сигма SD, Корреляция, сигма. Перечисленные параметры образуют многомерное (14 мерное) множество. Можно условно сказать, что рассматриваемое множество имеет 14 измерений. Любая совокупность, сформированная из значений 14-ти измерений, определяет (генерирует) один элемент одномерного множества CAPM (рис. 1). Множество CAPM, на наш взгляд, можно рассматривать, как множество фактов. После ввода и обработки данных в Deductor Studio формируется виртуальное хранилище, содержащее элементы измерений и фактов. Формируется, так называемая «обучающая выборка», включающая входные данные (измерения) и выходные данные (факты). После установления соответствующих параметров сети выполняется собственно обучение и формирование многопараметрической экспертной системы. При формировании структуры сети мы исходили из следующих предпосылок. Не существует точного правила по тому, каким количеством слоев и нейронов должна обладать сеть для хорошего обучения [2]. Многие авторы пишут, что

нейронов не должно быть слишком много, иначе это приведет к плохому функционированию сети - она будет запоминать значения, вместо нахождения закономерностей. Однако и слишком маленькое количество нейронов отрицательно скажется на сети. Эти же авторы рекомендуют выбирать из диапазона от 5 до 17 нейронов.



Рис.1. Четырнадцать любых элементов по одному из каждого измерения определяют один элемент одномерного множества CAPM

Для обучения нейронной сети из четырнадцати входных параметров два были переведены в категорию «информационное» («название» и «страна», как не существенные), двенадцать - в категорию «входное», как существенные по влиянию на формирование выходного параметра CAPM (рис. 2). Стоит отметить, что названия фондов и страны были определены информационными исключительно для отличия одного фонда от другого, одной страны от другой. Они не были введены как «входной» параметр, так как названия сами по себе не могут иметь какого-либо влияния на доход фонда.

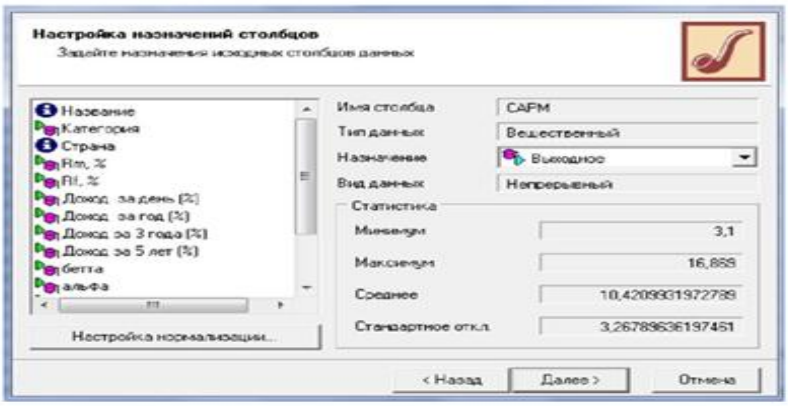


Рисунок 2. Настройка назначения параметров

В процессе исследования различных настроек структуры нейронной сети сравнивались диаграммы рассеивания вариантов друг с другом. В результате выбор пал на вариант, приведенный на рисунке 3 из-за сравнительно меньшего отклонения выходных значений модели от линии идеальных

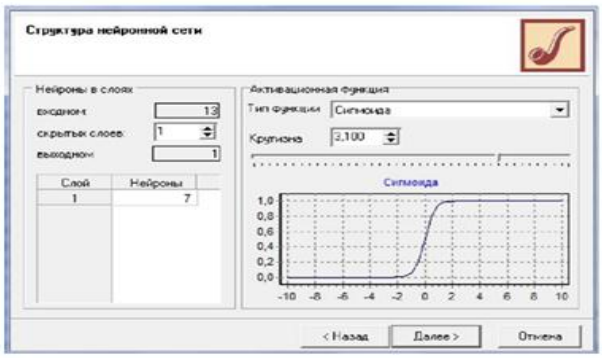


Рисунок 3. Выбранный вариант настройки структуры нейронной сети

На рисунке. 4 приведена диаграмма рассеивания обученной нейронной сети выбранного варианта настройки.

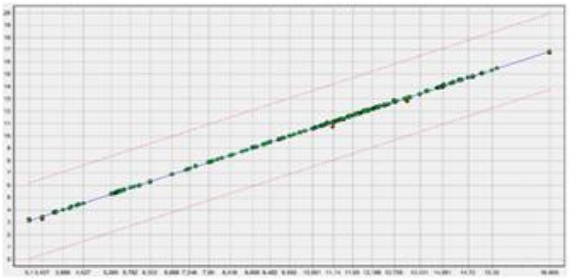


Рисунок 4. Диаграмма рассеивания обученной нейронной сети выбранного варианта настройки

После загрузки тестовых данных в обученную нейронную сеть они были обработаны с помощью функции «Скрипт» Мастера обработки программы Deductor. Результаты обработки представлены в таблице 1 и позволяют убедиться, что воспроизведение загрузки данных CAPM_OUT мало отличается от исходного значения CAPM и что ошибка воспроизведения CAPM_ERR не значительна.

Таблица 1. Воспроизведение загрузки данных CAPM_OUT

Категория	Страна	Rm, %	Rf, %	Название
Рост	Испания	12,59	5,3	BANBOEU:SM
Рост	Испания	12,59	5,3	BANEURO:SM
Рост и доход	Англия	12,11	3,69	BRGUKII:LN
Рост и доход	Испания	12,59	5,3	CAIGEUB:SM
Доход	Швейцар	10,65	1,96	CSSPSMS:SW
Доход	Австрия	14,58	3,8	GLBLCHI:AV

CAPM	CAPM_OUT	CAPM_ERR
12,493	12,5333826343613	8,601703999469 75E-6
11,559	11,5943466912959	6,590111066469 55E-6
7,251	7,221085446731 62	4,720198292350 84E-6
14,48	14,5702206944945	4,293461094328 49E-5
11,696	11,6770818720947	1,887780583657 45E-6
11,379	11,3750024555975	8,429111385641 96E-8

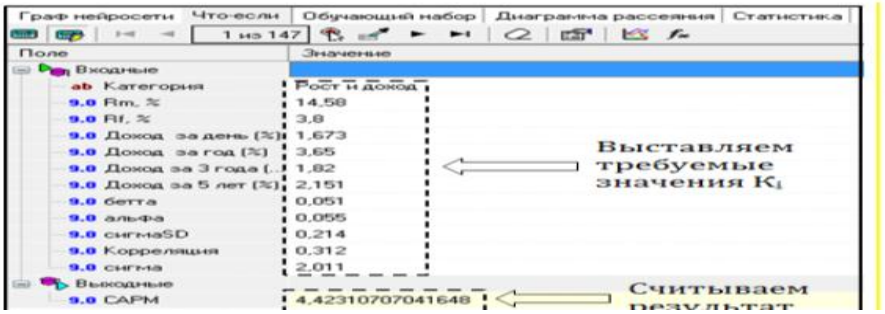


Рисунок 5. Приглашение к вводу сформированных значений измерений

В режиме отображения обученной сети, заказав режим «Что если», получили следующее приглашение к вводу сформированных значений измерений K_i (рис.5). Результат CAPM_OUT считывается практически сразу же (рис. 5).

Выводы

Существует множество факторов способных повлиять на доходность от вложений в портфельные инвестиции, что делает выбор фонда невероятно сложным. Однако, помимо того, что трудно определить каким показателям стоит уделить больше внимания, а какие следует опустить, раздобыть эти данные не так-то просто. Некоторые из них находятся в общем доступе в Интернете, другие можно найти только в трейдинговых системах, недоступных для людей, несвязанных с этой сферой.

Обученная нейронная сеть, без труда находящая существующие закономерности между риском и предполагаемым доходом от вложений, предоставляет возможность с помощью функции «Что-если» базировать свой выбор на реальных факторах. Она предоставляет возможность загрузить имеющиеся данные и рассчитать предполагаемый доход и его изменения. Что значительно упрощает выбор фонда для неопытных инвесторов.

Литература

1. *Daniel, K., M. Grinblatt, et al*. (1997). "Measuring Mutual Fund Performance with Characteristic-Based Benchmarks" // The Journal of Finance – 1997 - 52(3) – с. 1035-1058.
2. *Н. Паклин, В. Орешков,* Бизнес-аналитика: от данных к знаниям, BaseGroup Labs, ООО «Лидер», Санкт-Петербург, 2009.

3. *Barras, L., O. Scaillet, et al.* False Discoveries in Mutual Fund Performance: Measuring Luck in Estimated Alphas // The Journal of Finance – 2010 - 65(1) – с. 179-216.
4. Elton, E.J., M.J. Gruber и соавт. Incentive Fees and Mutual Funds // The Journal of Finance – 2003 - 58(2) – с. 779-804.
5. *Андреева Н.В., Дёмшин В.В*. Оценка бизнеса: Так ли уж хорош коэффициент БЕТА для расчета ставки дисконта // Вопросы оценки. - 2001. - №3 – Режим доступа: http://www.niec.ru/Articles/013.htm.
6. *Руденко А.* Три табу для частного инвестора // E-xecutive [Электронный ресурс] – 2002 – 14 октября - Режим доступа: http://old.e-xecutive.ru/finance/article:1319/.
7. *адян Э.Г.,* Валютный рынок России в условиях «турбулентности экономики. «Проблемы современной науки и образования / Problems of modern science and education», № «12» (30) 2014, Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 0,373 (по данным на 11.12.2014), входит в перечень ВАК, Свидетельство регистрации СМИ ПИ № ФС 77 - 47745 от 09.12.2011 г., ISSN 2304-2338.
8. *Дадян Э.Г.,* Валютный рынок России в условиях глубокого кризиса. Сборник научных трудов 15 международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» (Применение технологий "1С" для формирования инновационной среды образования и бизнеса) – Паблишинг, 2015, Москва.
9. *Дадян Э.Г.*, Влияние некоторых существенных факторов на формирование курсов валют. V Международная конференция «Наука в современном информационном обществе» 26-27.01.15, North Charleston, USA IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2015.
10. *Дадян Э.Г., Шестовец М.А.,* Выбор программных продуктов формирования электронного документооборота для Учебного центра. V Международная конференция «Наука в современном информационном обществе» 26-27.01.15, North Charleston, USA IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2015.
11. *Дадян Э.Г.* Влияние некоторых существенных факторов на формирование курсов валют. Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Fundamental and applied sciences today IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2014, стр. 233-240.
12. *Дадян Э.Г.* Прогнозирование эффективности вложений в паевые фонды. Академическая наука - проблемы и достижения. Academic science – problems and achievements IV. Vol. 3. North Charleston. USA, p. 244-251, 2014.
13. *Дадян Э.Г.* A system for forecasting the efficiency of investments in mutual funds as application 1C Enterprise. Новые информационные технологии. Сборник научных трудов Четырнадцатой международной научно-практической конференции «Применение технологий «1С» для повышения эффективности деятельности организаций образования» – Паблишинг, 2014, Москва, стр. 344-197.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ

Завгородний В.И., Золотарюк А.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д.49
vzavgorodniy@fa.ru, AZolotaryuk@fa.ru

Аннотация: оценка эффективности информационных банковских систем предполагает использование значительного количества показателей, имеющих иерархическую структуру. Значительная часть показателей определяется в условиях неопределенности. Предлагается для оценки эффективности использовать модифицированную нечеткую модель, основанную на применении лингвистических переменных.

Ключевые слова: иерархическая нечеткая модель, лингвистические переменные, эффективность информационных банковских систем.

Введение

Бизнес-процессы современного банка полностью интегрированы с информационными банковскими системами (ИБС). Полный отказ от наличных денег, внедрение новых платежных систем и развитого искусственного интеллекта приведут к появлению практически автоматических информационных систем, обеспечивающих банковское обслуживание физических и юридических лиц. Поэтому проблема оценки эффективности ИБС на всех жизненных этапах таких систем приобретает все возрастающее значение. Для анализа эффективности таких сложных систем требуются новые методы и средства, применимые, в том числе для работы с нечеткими данными.

Иерархическая нечеткая модель для оценки информационных банковских систем

Существует множество методов многокритериальной оценки сложных систем. К ним относятся методы ранжирования, среди которых можно выделить методы лексикографический, попарных сравнений, метод Парето и др. При выборе метода определения эффективности ИБС учитывались следующие факторы. Для анализа таких сложных систем используются десятки характеристик. В то же время результаты исследований показывают, что количество характеристик или показателей эффективности для формирования критерия не должно быть более девяти. Поэтому необходимо использовать иерархические методы вычисления показателей эффективности. Они позволяют поэтапно формировать показатели эффективности более высокого уровня путем интеграции показателей нижних уровней. Модель также должна быть приспособлена к работе в условиях неопределенности. Особенно это относится к работе с показателями информационной безопасности[1,2].

Для оценки эффективности ИБС используем иерархическую нечеткую модель с лингвистическими переменными [3]. Выбор модели обусловлен наличием возможности совмещения иерархического алгоритма с использованием лингвистических переменных. Это позволяет создавать модели в условиях неопределенности и наличия как количественных, так и качественных характеристик и показателей.

Эффективность ИБС может быть описана следующей нечеткой моделью $Q=<G,L,S,A>$. В модели под G понимается связный ациклический граф (дерево). Каждому показателю эффективности системы ставится в соответствие вершина графа g^d_{nk}, где d, $d=(1;D)$ – уровень, на котором находится вершина g^d_{nk}; n, $n=(1;N_d)$, номер вершины g^d_{nk} на уровне d; k, $k=(1;K_{d-1})$ – номер вершины уровня $d-1$, с которым связана вершина g^d_{nk}. Вершинам дерева соответствуют определенные значения лингвистических переменных $l_j \in L$, где $L=\{l_j\}$, $j=(1;J)$. Символом S обозначено правило задания и использования нечетких предпочтений между показателями при формировании обобщенного показателя. Алгоритм получения обобщенных (агрегированных) показателей на всех уровнях модели обозначен в модели символом A.

Пусть выбрано множество лингвистических переменных L, мощность которого $J = 5$. L = {"Очень низкий" (ОН), "Низкий" (Н), "Средний" (С), "Высокий" (В), "Очень высокий" (ОВ)}. Для представления лингвистических переменных используется трапецеидальная функция принадлежности. Тогда j – е значение переменной l_j может быть представлено функцией принадлежности $\mu_j(x)$, которая определена на единичном интервале (0,1) [4].

Обобщенный (агрегированный) показатель каждого уровня получается из показателей уровнем ниже, значение которых оказывает влияние на формируемый обобщенный показатель. На графе это показатели, связанные с показателем следующего по иерархии уровня. На первом этапе определяются показатели нижнего уровня иерархии. Первичные лингвистические переменные получаются либо непосредственно с помощью экспертных методов, либо относительные количественные оценки приводятся к виду лингвистических переменных.

Алгоритм пошагового формирования агрегированных значений вершин графа можно представить следующим образом:

1) Определяются все первичные показатели эффективности (листья дерева) gDnk = lj, lj ϵ L

2) Из графа G выделяются подмножества вершин Gdk на уровне d, имеющие связь с вершиной k следующего по иерархии уровня d-1.

$\mu_k(x) = \sum_{j=1}^{M_k} \mu_{jk}(x)\rho_j$,3) Функция принадлежности, соответствующая обобщенному показателю gd-1kv, где v – номер вершины на уровне d-2, с которой связаны вершины подмножества Gdk определяется по формуле:

$$(1) \qquad \mu_k(x) = \sum_{j=1}^{M_k} \mu_{jk}(x)\rho_j,$$

где μk(x) – функция принадлежности, соответствующая обобщенному показателю gd-1kv; μjk(x) – j – я функция принадлежности подмножества вершин Gdk ; ρj, ρj =(0;1) – весовой коэффициент j – го показателя среди показателей (вершин) Gdk; Mk – мощность множества Gdk .

4) По вычисленной функции принадлежности $\mu_k(x)$ вершине g^{d-1}_{kv} присваивается соответствующее значение лингвистической переменной $l_i \in L$.

5) После обработки всех подмножеств Gdk уровня d проверяется условие d > 1. Если условие выполняется, то d=d-1 и осуществляется переход к шагу 2, иначе – завершение алгоритма.

Весовые коэффициенты ρj могут определяться различными способами. Например, веса назначаются с использованием экспертных методов. Практический интерес представляет метод, основанный на использовании нечетких предпочтений одних показателей перед другими, на основании которых определяются весовые коэффициенты, получившие название коэффициентов Фишберна [5].

Пусть показатели gdnk уровня d используются для формирования значения μk(x) k –го показателя старшего уровня d=d-1. Они могут находиться между собой в отношении нестрогого предпочтения ($\succeq$) или безразличия (≈). Формально это может быть представлено следующим образом:

(2) P = { gdnk (φ) gdn+1k, | φ ∈ (, ≈)}.

Если gd1k $\succeq$ gd2k $\succeq$ $\succeq$ gdMkk для □ gdnk, то выражение вычисления коэффициентов Фишберна имеет вид:

(3) $\rho_j = \frac{2(M_k - j + 1)}{(M_k + 1)M_k}, \quad j = (1; M_k)$(3)

$\rho_j = \frac{1}{M_k}, \ j = (1; M_k)$.При gd1k ≈ gd2k ≈ ≈ gdMkk для □ gdnk, коэффициенты равны и определяются следующим образом:

(4) $\rho_j = \frac{1}{M_k}, \ j = (1; M_k)$

Если показатели эффективности одного подмножества связаны как отношениями предпочтения, так и отношениями безразличия, то необходимо использовать выражение:

(5) $r_{M_k} = 1, \ j = (M_k; 2); r_{j-1} = \begin{cases} r_j, \text{если } g^d_{n-1\,k} \approx g^d_{nk}; \\ r_j + 1, \text{если } g^d_{n-1\,k} \succeq g^d_{nk}, \end{cases}, \rho_j = r_j / \sum_{j=1}^{M_k} r_j$В

соответствии с правилами выполнения операций с функциями принадлежности μk(x) необходимо осуществить переход к действиям с абсциссами соответствующих вершин трапеций (a1, a2, a3, a4) [4]:

(6) $\sum_{j=1}^{M_k} \rho_j \left(a_{j1}, a_{j2}, a_{j3}, a_{j4},\right) = (\sum_{j=1}^{M_k} \rho_j a_{j1}, \sum_{j=1}^{M_k} \rho_j a_{j2}, \sum_{j=1}^{M_k} \rho_j a_{j3}, \sum_{j=1}^{M_k} \rho_j a_{j4})$.

В общем случае полученное значение функции μk(x), характеризующее обобщенный показатель на любом уровне иерархии, будет отличаться от выбранных функций принадлежности μj(x). Поэтому необходимо произвести сравнение полученной функции μk(x), с функциями μj(x) и выбрать в качестве обобщенной оценки одну из исходных функций μj(x), наиболее близкой к вычисленной функции μk(x).

Задача может быть решена одним из методов:

квадратичного расстояния Евклида;

абсолютного (относительного) расстояния Хемминга.

При выборе метода абсолютного расстояния Хемминга и с учетом трапецеидальной формы функций μj(x) и μk(x) близость этих функций δjk оценивается с помощью выражения:

(7) $\delta_{jk} = \max\left\{ \left|a_1^k - b_1^j\right|, \left|a_2^k - b_2^j\right|, \left|a_3^k - b_3^j\right|, \left|a_4^k - b_4^j\right| \right\}, \quad j = \overline{1,5},$

где δjk – абсолютное расстояние Хемминга; bji – абсцисса исходных функций принадлежности, aki – абсцисса вычисленной функции μk(x). Критерием выбора μj(x) является min δjk . Из множества Lj выбирается переменная lj, с соответствующей функцией μj(x), для которой получено минимальное min δjk.

Вычисление обобщенных показателей предваряет проверка ограничений для частных показателей эффективности ИБС. Если значение частного показателя lj ϵ L* , где L* является множеством неразрешенных значений j – го показателя, то дальнейшие шаги по вычислению показателей не производятся, а ИБС считается непригодной для использования.

По сравнению с известными методами нечеткого моделирования процесса определения агрегированных показателей эффективности (качества) предложен ряд изменений, направленных на повышение точности метода.

При расчете обобщенного показателя эффективности на уровнях ниже первого уровня иерархии предлагается исключить этап замены полученных координат агрегированной функции μk(x) на координаты самой близкой функции μj(x), а использовать μk(x) для получения агрегированных

показателей следующего уровня. Тогда операция сравнения координат и выбор одной из функций принадлежности μj(x) выполняется только для обобщенного показателя эффективности.

В процессе выполнения алгоритма определения обобщенного показателя эффективности следует учитывать ограничения на отдельные показатели эффективности, в том числе и на показатели, получаемые в процессе агрегирования функций принадлежности.

Оценивать степень совпадения полученных функций принадлежности μk(x) с функциями μj(x) не только с помощью абсолютного расстояния Хемминга, но и направлением смещения функции μk(x) относительно ближайшей из функций μj(x).

Заключение

В работе представлен метод оценки эффективности ИБС, основанный на использовании иерархической нечеткой модели с применением лингвистических переменных. Предложены изменения в алгоритм метода, позволяющие повысить точность определения обобщенного показателя эффективности.

Литература

1. *Zavgorodniy V., Lukyanov P.*, Nazarov S. [The Selection Algorithm of Mechanisms for Management of Information Risks]. 2nd International Conference on Information Technology and Quantitative Management, ITQM 2014. Procedia Computer Science. Imprint: ELSEVIER. pp. 440-448. ISSN: 1877-0509.
2. *Завгородний В.И.* Системное управление информационными рисками. Выбор механизмов защиты от информационных рисков // Проблемы управления. – 2009. – №1. – С. 53-58.
3. *Подиновская О.В., Подиновский В.В.* Анализ иерархических многокритериальных задач принятия решений методами теории важности критериев // Проблемы управления. 2014. № 6. С. 2-8.
4. *Недосекин А.О.* Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. URL: https://www.twirpx.com/file/132466/ (accessed: 10.01.2019).
5. *Фишберн П.* Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ РИСКАМИ

Иванюк В.А.

Финансовый университет при Правительстве РФ Россия,
г. Москва, Ленинградский проспект,49,
Московский Государственный Технический Университет имени Н. Э. Баумана,
г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Аннотация: На сегодняшний день можно сказать, что риск менеджмент стал неотъемлемой частью финансового мира. Так, например, оценка величины больших потенциальных потерь в стоимости портфеля из-за неблагоприятного колебания цен активов, входящих в этот портфель, является одной из главных задач при работе с рыночным риском. В работе представлен обзор видов инвестиционного риска.

Ключевые слова: риск менеджмент, инвестиционный портфель, модель..

Введение

Рассмотрим основные виды инвестиционного риска. Рыночный риск - это вероятность того, что случится спад в экономике. Например, финансовый кризис 2008-2009 гг. привел к значительному снижению рыночной стоимости акций.

Суверенный риск связан с изменениями в среде, в которой работают предприятия. Это могут быть изменения в нормативных актах, законах.

Риск ликвидности связан со способностью инвестора конвертировать свои инвестиции в денежные средства.

Процентный риск. Посредством различных механизмов центральные банки влияют на объем денежной массы в экономике, а следовательно, на инфляцию.

Инфляционный риск - это когда покупательная способность инвестиций может быть значительно снижена. Активы с фиксированной доходностью, такие как облигации, более подвержены риску инфляции, чем акции.

В портфельной теории Г. Марковица предложена модель минимизации риска портфеля при заданной доходности. Имеет вид:

$$\begin{cases} \sigma_P^2 = \mathrm{d}^T V_d \to min \\ \mathrm{d}^T r = r_p \\ \mathrm{d}^T \mathrm{e} = 1 \end{cases}$$

Где r -вектор средней доходности, а V – ковариационная матрица.

1 VaR-модели оценки инвестиционных рисков

Существует подход к управлению инвестиционными рисками на основе показателя Value-at-Risk для финансовых активов. Стандартным предположением для подобных моделей является тот факт, что исторические данные представляют собой лучший ресурс для оценки будущих изменений в поведении актива. Однако, каждый подход кроме этого общего предположения несет в себе дополнительные гипотезы и допущения. Среди подобных моделей можно выделить:

1. Вариационно-ковариационный метод

Здесь главным предположением является нормальное распределение доходностей изучаемого актива

$$r \sim N(\bar{\mathrm{r}}, \sigma_{\mathrm{h}}).$$

Также предполагается, что будущие изменения в стоимости исследуемого портфеля линейно зависят от всех рассматриваемых факторов риска.

2. Метод исторического моделирования. Для данного метода добавляется предположение о том, что доходности актива в будущем будут распределены по тому же закону, что в прошлом.

3. Метод Монте-Карло. Предлагается моделировать доходности актива на определенный период в будущем.

Далее рассмотрим вариационно-ковариационный метод и метод исторического моделирования.

Вариационно-ковариационный метод базируется на следующих двух предположениях:

1.Изменения в будущей стоимости портфеля линейно зависит от всех изменений в будущих стоимостях, входящих в него активов.

2.Доходности исследуемых активов распределены по нормальному закону.

Для того, чтобы измерить волатильность портфеля необходимо рассчитать ковариационную матрицу. Если портфель состоит из N активов, то доходность портфеля будет вычисляться как линейная комбинация доходностей активов, входящих в портфель

$$\mu_P = x^T \bar{r}.$$

Величина VaR для портфеля будет вычисляться по приведенной ниже формуле

$$VaR_P = q_\alpha \times \sigma_P \times P_0,$$

где P_0 – общая стоимость портфеля, σ_P – стандартное отклонение или волатильность всего портфеля, а q_α – выбранный квантиль для α.

Среди главных достоинств, присущих данному методу можно выделить следующие:

- Методика базируется на хорошо известных техниках вычисления и не требует дополнительных усложнений;
- Описанный метод не базируется на моделировании поведения исследуемых активов и поэтому позволяет быстро вычислять величину VaR..

Минусами представленного метода можно назвать те предположения, которые, с одной стороны, упрощают вычисления, с другой стороны, сводят предполагаемое поведение объекта к нереалистичному. Так, предположение о том, что доходности распределены по нормальному закону, противоречит наблюдаемой действительности.

Метод исторического моделирования. Предполагается, что распределение будущих изменений стоимостей активов, входящих в портфель совпадает с ранее наблюдаемым распределением. Это означает, что реально наблюдаемые доходности используются для моделирования будущих доходов и потерь по портфелю активов. VaR в данном случает определяется как соответствующий квантиль уровня $1 - \alpha$ гистограммы смоделированных доходностей.

Иными словами, уже наблюдаемые доходности необходимо отсортировать по убыванию и взять в качестве меры Value-at-Risk наблюдение с номером n, который находится как $n = \lfloor N \times (1 - \alpha) + 1 \rfloor$,

где N – количество имеющихся наблюдений, а α –доверительный уровень.

Среди преимуществ данного метода можно выделить простоту реализации и отсутствия предположения о нормальности распределения доходностей исследуемого актива.

Основным недостатком метода является требование к наличию исторических данных, причем качество вычисленных значений показателя VaR будет напрямую зависеть от объёма данных, имеющихся у аналитика. Кроме того, важно и качество используемых данных.

2 Диверсификация

Основным инструментом по управлению инвестиционными рисками является диверсификация – включение в портфель инвестиций ценных бумаг широкого круга компаний с целью избежания серьезных потерь в случае спада, охватившего лишь один из секторов экономики.

Одним из главных факторов для создания хорошо диверсифицированного портфеля является большой начальный пул акций из которого отбираются акции для портфеля.

Впервые идея построения и практические рекомендации по реализации подобного портфеля были представлены в работе Г. Марковица 1952 года, что сыграло главную роль в становлении современного риск-менеджмента и финансовой инженерии. Общая идея заключалась в редуцировании несистематического риска инвестирования.

При портфельном инвестировании основными видами диверсификации являются:

Отраслевая диверсификация – добавление активов из разных отраслей экономики, с целью защиты от рисков, связанных с какой-то одной конкретной отраслью,

Региональная диверсификация – добавление активов из разных регионов, под которым понимается не только географическое положение, но и развитость рынков, то есть такое деление как развитые и развивающиеся рынки.

Так, даже выбрав одну конкретную отрасль у нас появляется множество возможностей для диверсификации.

Литература

1. *Иванюк В.А., Абдикеев Н.М., Пащенко Ф.Ф., Гринева Н.В*. Сетецентрические методы управления // Управленческие науки. 2017. Т. 7. № 1. С. 26-34.
2. *Иванюк В.А., Андропов К.Н., Цвиркун А.Д.* Анализ состояния рынка и построение модели кризиса // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 581.
3. *Иванюк В.А., Цвиркун А.Д., Попов В.Ю.* Классические подходы к анализу и прогнозированию риска // В книге: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016. Материалы Девятой международной конференции: в 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2016. С. 286-288.
4. *Пащенко Ф.Ф., Иванюк В.А., Абдикеев Н.М*. Индикативное планирование в управлении процессами изменений // Управленческие науки. 2015. Т. 5. № 2. С. 63-70.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КРИЗИСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА РЫНКЕ АКТИВОВ

Иванюк В.А.

Финансовый университет при Правительстве РФ Россия, г. Москва, Ленинградский проспект,49

Московский Государственный Технический Университет имени Н. Э. Баумана, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Аннотация: В работе приведена классификация и обзор мировых финансовых кризисов. Описаны методы идентификации кризисных процессов в экономике. Предложен индикатор кризиса, определяющий кризис на ранней стадии.

Ключевые слова: модель, индикатор, кризис.

Введение

Что такое кризис? Кризис – это переломный момент. Кризис является переходом экономики в новое состояние. Опираясь на исторические факты, такие как “великая депрессия” или “кризис 2008” года, виден масштаб и значимость данного явления.

1 Классификация кризисов

До середины 20 века понятия кризис не существовало. На рисунке 1 представлен обзор мировых финансовых кризисов.



Рис. 1. История мировых финансовых кризисов

1.1 Обзор мировых кризисов

Выделим наиболее значимые финансовые кризисы:

1. Первый мировой экономический кризис 1857 – 1858 г. Причиной данного кризиса стали спекулятивные действия, затронувшие США, Великобританию, страны Европы и Латинскую Америку. Объектами спекуляций в США стали активно раздаваемые государством земельные владения и акции безостановочно развивавшихся на тот момент железнодорожных компаний.

2 Второй международный финансовый кризис 1873 – 1878 г. Данный кризис принято считать самым продолжительным в мире. Предпосылками стал кредитный подъем на рынке недвижимости в Германии и Австро – Венгрии. Закончилось все падением фондовых рынков Австро-Венгрии, Европейских стран, США и Латинской Америки.

3. Третий мировой экономический кризис 1914 г. Возник он в преддверье Первой мировой войны: крупнейшие страны мира начали активную продажу бумаг иностранных эмитентов для подготовки финансирования грядущих военных действий.

4. Четвертый мировой экономический кризис 1920 – 1923 г. Основное влияние на образование кризиса оказало послевоенная обстановка, а именно дефляция на фоне катастрофического спада производства. Причиной этому, стал обвал крупнейших Европейских банков и валют.

5. Великая депрессия 1929 – 1933 г. Наиболее сильно кризис сказался на экономике США и Германии. Имел последствия: отмена золотого стандарта, нулевая деловая активность, безработица.

6. Мировой экономический кризис 1973 – 1975. В основу легло перепроизводство товаров Европейских стран, распад колониальной системы в мире и значительное удорожание цены на нефть по причине объединенного давления Израиля, Великобритании и Франции по отношению к Египту.

7. Мировой кризис 1973 – 1975 гг. Начался кризис в США по причине наложенного “Нефтяного эмбарго” странами экспортерами нефти.

8. Мексиканский валютно – финансовый кризис 1994 – 1995 г. Считается, как первый валютный кризис в грядущей эре глобального рынка.

9. Азиатский финансовый кризис 1997 – 1998 г. Считается самым крупным кризисом стран Южной и Восточной Азии. Девальвация и дефицит платежного баланса стали основной причиной кризиса.

10. Экономический кризис в России 1998 г. Принято считать, что причиной является огромный государственный долг, резкий обвал цен на нефтяные продукты, а также затронувший весь мир Азиатский кризис. Результатом стал дефолт.

11. Глобальный финансово – экономический кризис 2008 – 2009 г. Начавшись в США, кризисная ситуация захлестнула за собой весь мир. После ипотечного спада, кризис поглотил остальные сферы

экономики, а именно машиностроение, банковский, страховой и биржевой сектора. Банкротство банковских институтов быстро затронуло и страны Европы.

2 Методы идентификации кризисных ситуаций в экономике

Существуют различные методы идентификации кризисов. С точки зрения эконометрического подхода методы идентификации делятся на:

- Методы эконометрического моделирования. Основывается на принципах вероятностного подхода: когда происходит построение регрессионной модели, оценивающей взаимосвязь возможных показателей с вероятностью краха.
- Эмпирические тесты. Подразумевают собой попытку опровержения выдвигаемой гипотезы.
- Модели переключения режимов. Рассматриваются определенные интервалы от предпосылок к образующемуся кризису до его воцарения. К примеру, проводятся исследования возможных изменений стоимости акций на рынке, которые в конечном итоге объясняются сменой определенного режима.
- Статистические модели. Включают в себя анализ временных рядов, корреляционный анализ и регрессионный анализ. нет.
- Непараметрические оценки. Основываются на создании числовых параметров, которые способны своевременно выявлять колебания и не стабильность на рынке.
- Методы нечеткой логики. Моделирование кризисной ситуации происходит на основе правил и законов нечеткой логики.
- Искусственные нейронные сети наиболее точно прогнозируют динамику временных рядов во время кризиса.

2.1 Разработка модели индикатора кризиса

Для идентификации кризиса была разработан индикатор на основе модифицированного критерия Фишера [1-3]. Определим кризис как дисбаланс спроса и предложения на рынке. Модель индикатора имеет вид:

$K = (3\sigma_\sigma - \sigma)$, где σ – накопленная волатильность, σ_σ – краткосрочная волатильность.

Приведем апробацию модели на данных о котировках двух нефтяных компаний – ОАО «Лукойл» и ОАО «Сургутнефтегаз». Данные за период с 1997 года по 2019 гг. На рисунке 2-3 представлена модель индикатора.

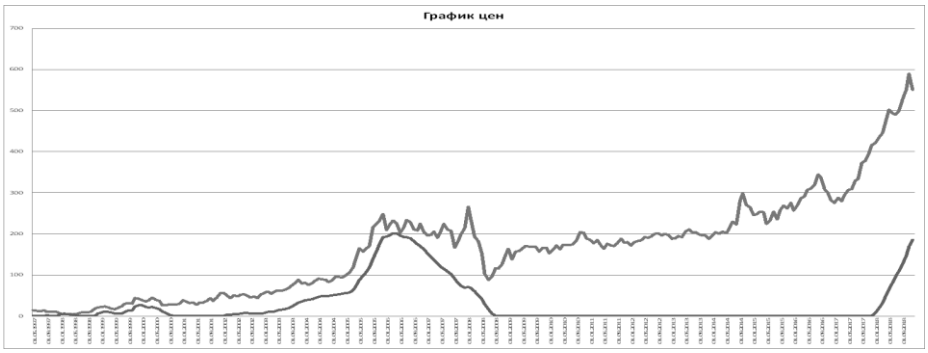


Рис. 2. Модель индикатора на примере ОАО «Лукойл»

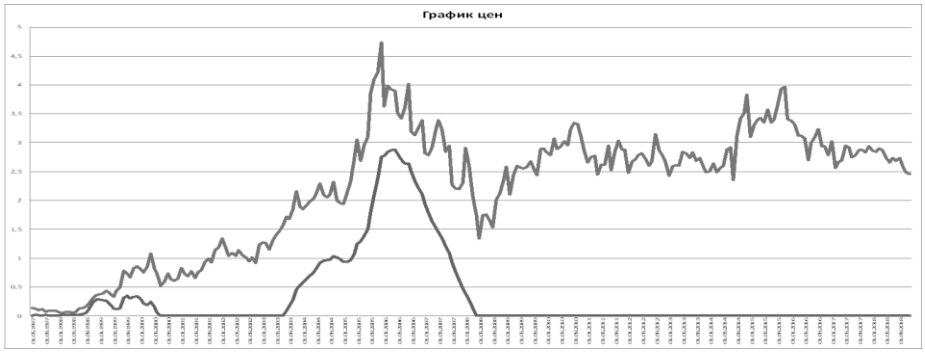


Рис. 3. Модель индикатора на примере ОАО «Сургутнефть»

Литература

1.Иванюк В.А., Абдикеев Н.М., Пащенко Ф.Ф., Гринева Н.В. Сетецентрические методы управления / Управленческие науки. 2017. Т. 7. № 1. С. 26-34.

2.Иванюк В.А., Цвиркун А.Д., Попов В.Ю. Классические подходы к анализу и прогнозированию риска / В книге: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016 Материалы Девятой международной конференции: в 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2016. С. 286-288.3.

3. Пащенко Ф.Ф., Иванюк В.А., Абдикеев Н.М. Индикативное планирование в управлении процессами изменений / Управленческие науки. 2015. Т. 5. № 2. С. 63-70.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ТРЕНДОВ ВРЕМЕННОГО РЯДА

Иванюк В.А.

Финансовый университет при Правительстве РФ Россия, г. Москва, Ленинградский проспект,49

Московский Государственный Технический Университет имени Н. Э. Баумана, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Аннотация: Предикативная аналитика - это область статистики, которая занимается извлечением информации из данных и использованием ее для прогнозирования тенденций и моделей поведения. Прогнозная аналитика включает в себя различные статистические методы. В докладе рассматриваются такие модели как: регрессионные модели, авторегрессионные модели, модели экспоненциального сглаживания. Приводится метод прогнозирования на основе объединения трендов.

Ключевые слова: методы прогнозирования, временные ряды, тренд

Введение

Временной ряд – это последовательность упорядоченных во времени числовых показателей, характеризующих уровень состояния и изменения изучаемого явления. Аналитически модели временного ряда можно описать двумя способами: по аддитивному и мультипликативному принципу.

Аддитивный принцип применяется тогда, когда составляющие временного ряда независимы:

$$F(t) = f_{TP}(t) + \varphi(t) + Q(t) + \varepsilon(t),$$

где $f_{TP}(t)$ – тренд (систематическая составляющая долговременного действия), $\varphi(t)$ – циклическая или сезонная составляющая, $Q(t)$ – коньюнктурная или разовая составляющая, $\varepsilon(t)$ – случайная составляющая.

Если же составляющие временного ряда влияют друг на друга, то есть усиливают или ослабляют друг друга, то применяется мультипликативный принцип:

$$F(t) = f_{TP}(t)\varphi(t)Q(t) + \varepsilon(t)$$

По существу, временной ряд описывает непрерывное явление, протекающее во времени. Но информация об этом явлении поступает выборочно. Вследствие этого реальный непрерывный процесс описывается в виде дискретных наборов данных.

Классификацию временных рядов можно провести по следующим признакам:

- по времени – моментные и интервальные;
- по форме представления уровней – ряды абсолютных, относительных и средних величин;
- по расстоянию между датами или интервалами времени выделяют полные и неполные временные ряды;
- по содержанию показателей – ряды частных и агрегированных показателей. Частные показатели характеризуют изучаемое явление односторонне, изолированно. Агрегированные показатели основаны на частных показателях и характеризуют изучаемый процесс комплексно.

Временные ряды могут характеризоваться любой из этих групп, но зачастую для хорошей прогностической модели выбирают полный временной ряд с относительными величинами.

1 Модели прогнозирования временных рядов

В настоящее время существует множество методов для прогнозирования временных рядов, но все их условно можно поделить на две группы: статистические и структурные.

В статистических моделях зависимость текущего прогнозируемого показателя от лаговых значений задаются некой формулой.

К статистическим моделям можно отнести следующие модели:

- регрессионные;
- авторегрессионные;
- модели экспоненциального сглаживания;
- модель на основе выборки максимального правдоподобия;

В структурных моделях зависимость прогнозируемого значения от лаговых задается в виде некоторой структуры и правил перехода по ней.

К структурным моделям относятся

- модели на базе цепей Маркова;
- модели на базе классификационно-регрессионных деревьев;
- нейросетевые модели;

Регрессионная модель относится к одной из самых простых моделей, входящих в группу статистических моделей. Для ее построения используется регрессионный анализ. Целью регрессионного анализа является определение зависимости между прогнозируемым значением показателя и некоторым набором факторов. При этом коэффициенты регрессии определяются либо методом наименьших квадратов, либо по методу максимального правдоподобия. Условно все регрессионные модели можно разделить на однофакторные и многофакторные, линейные и нелинейные.

Авторегрессионные модели строятся на предположении о том, что текущее значение временного ряда зависит от некоторого количества его лаговых значений.Самыми простыми представителями этого класса моделей являются модель авторегресии (autoregressive, AR), согласно которой текущее значение прогнозируемого показателя зависит от суммы его лаговых значений, взятых с некоторым коэффициентом и модель скользящего среднего (moving average, MA), в которой значения прогнозируемой переменной описывается средним значением этой переменной за q периодов до текущего значения.

Модели экспоненциального сглаживания. Данный вид моделей является широко распространенным в силу их простоты и наглядности. Общий принцип экспоненциального сглаживания заключается в том, что в прогностической модели больший удельный вес присваивается значениям, которые отстают от прогнозируемого на меньший интервал времени, чем остальные. Соответственно, чем дальше значение от прогнозируемого значения, тем меньший вес у него будет.

Простая модель экспоненциального сглаживания (exponential smoothing, ES) часто используется для краткосрочного прогнозирования, то есть на период вперед. Суть модели заключается в том, что каждое новое сглаженное значение (прогноз) вычисляется как средневзвешенное значение текущего наблюдения и предыдущего сглаженного наблюдения. Сглаживание задается параметром $0 \leq \alpha \leq 1$, чем больше α, тем больший вес придается текущему значению и меньший – предыдущему сглаженному значению и наоборот. В такой модели важным аспектом является определение начального сглаженного значения, часто его определяют как первое значение временного ряда, также его можно определить как среднее значение первых четырех или пяти наблюдений. Чем меньше параметр α, тем важнее становится определение начального значения сглаженного среднего для более точной прогностической способности модели.

2 Достоинства и недостатки моделей

Регрессионные модели и методы. Главные достоинства данного класса моделей: простота, гибкость и единообразие их анализа и проектирования. Если использовать линейные регрессионные модели, результат прогноза может быть получен быстрее, нежели при использовании остальных моделей. Также нельзя не отметить прозрачность моделирования, то есть все промежуточные вычисления доступны для анализа.

Определение функциональной зависимости переменных можно отнести к недостаткам в силу своей сложности. Кроме того, вычисление параметров модели является трудоемким процессом.

Авторегрессионные модели и методы. Основные достоинства данных моделей: гибкость и прозрачность моделирования. Также, анализ и проектирование моделей единообразен. Кроме того, авторегрессионные модели достаточно популярны при решении задач прогнозирования временных рядов.

Недостатки: определение большого числа параметров – процесс ресурсоемкий; модели недостаточно адаптивны.

Модели и методы экспоненциального сглаживания. Основное преимущество данного класса перед другими – способность решать задачи долгосрочного прогнозирования. Простоту и единообразие

анализа и проектирования моделей также следует отнести к преимуществам. Отсутствие гибкости является главным недостатком.

3Разработка метода прогнозирования на основе объединения трендов

Метод прогнозирования на основе объединения трендов строится на основе совокупности линейного, логарифмического и гармонического трендов и рассчитывается посредством последовательной трендовой декомпозиции.

Прогноз представляет собой совокупность трендов, описывающих движение стоимости актива. В таком прогнозе в виде трендов учтены общие тенденции движения актива, пороги насыщения, периодические составляющие. Представлена функция прогноза как совокупность насыщаемого (логарифмического) не насыщаемого (линейного) и гармонического трендов: $y = y_{\text{лог}} + y_{\text{лин}} + y_{\text{гар}}$,

где: $y_{\text{лог}} = a_1 \cdot \ln(x) + b_1;\ y_{\text{лин}} = a_2 \cdot x + b_2$

Таким образом: $y = a_1 \cdot \ln(x) + b_1 + a_2 \cdot x + b_2 + \sum a_n \cdot \varphi(x) + b_n$,

т.е. $y = a_1 \cdot \ln(x) + a_2 \cdot x + \sum a_n \cdot \varphi(x) + b_o; b_o = b_1 + b_2 + \sum b_n$

Литература

1. *Иванюк В.А., Андропов К.Н., Егорова Н.Е.* Методы оценки эффективности и оптимизации инвестиционного портфеля // Фундаментальные исследования. 2016. № 3-3. С. 575-578.
2. *Иванюк В.А., Нижегородцев Р.М., Волкова В.М.* Применение генетического алгоритма к задаче оценки потенциального ВВП страны // Вестник экономической интеграции. 2011. № 1. С. 93-97
3. *Пащенко Ф.Ф., Иванюк В.А., Абдикеев Н.М.* Индикативное планирование в управлении процессами изменений // Управленческие науки. 2015. Т. 5. № 2. С. 63-70.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ДОЛГОСРОЧНОМ ПЕРИОДЕ ИНВЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ GARCH-EVT-COPULA

Жукова Г.С.[1], Кагирова Д.Р.[2]

[1] Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский просп., д. 49
[2] Московский политехнический университет,
Россия, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д.38
galsevzhukova@mail.ru, da_dinara@mail.ru

Аннотация: Данная работа посвящена моделированию инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, а также прогнозированию доходностей портфеля при различных вариантах диверсификации на долгосрочном периоде инвестирования с использованием модели GARCH-EVT-COPULA. Результаты исследования и предложенная процедура оптимизации могут применяться в сфере управления активами и риск-менеджменте.

Ключевые слова: VaR, GARCH, Метод экстремальных значений, копула, обобщенное распределение Парето, Монте-Карло, оптимизация портфеля, пенсионные накопления.

Введение

Инвестиционная доходность пенсионных накоплений Российской Федерации в течение последних лет не позволяют обеспечить рост пенсионного обеспечения. Необходимо также отметить, что в отличие от страховой и банковской сферы в пенсионной сфере отсутствуют единая система стандартов управления рисками, аналогичная существующим Basel и Solvency. Таким образом, тема портфельного управления в накопительных пенсионных планах – актуальна.

Одним из самых популярных показателей для измерения суммарного риска портфеля финансовых активов является Value-at-Risk (VaR). VaR – оценка величины потерь, измеренная в базовой валюте, которую с заданной вероятностью не превысят потери инвестиционного портфеля за заданный промежуток времени. Целью данного исследования является применение модели GARCH-EVT-COPULA для разработки моделей оптимальных инвестиционных стратегий в накопительных пенсионных планах на долгосрочном периоде.

1 Данные

В соответствии со статьей 26 Федерального закона №111-ФЗ от 24.07.2002 г. «Об инвестировании средств для финансирования накопительной пенсии в Российской Федерации» в качестве статистической базы в работе взяты ежедневные котировки бенчмарков для каждого вида финансовых активов в период с 01 января 2006 г. по 01 января 2019 г. (MICEX RGBI TR, MICEX MBI

TR, MICEX CBI TR, MICEX 10 INDEX, RURRPRC, Ставка по депозитам ЦБ РФ «overnight», USD/RUB).

Дневные значения цен трансформируются в дневные доходности (кроме депозитов), и рассчитываются по формуле [1]:

$$r_t = log(1 + R_t).$$

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}}.$$

Дневные доходности ставки по депозитам ЦБ РФ «overnight» рассчитаны по формуле сложной процентной ставки с учетом капитализации процентов:

$$r_{day} = \sqrt[260]{1 + r_{year}} - 1,$$

где r_{day}– ставка дневной доходности, r_{year} – ставка годовой доходности, 260 – среднее число рабочих дней в году.

2 Оптимальный портфель пенсионных накоплений

Для полученных данных предлагаем следующий алгоритм моделирования доходности портфелей пенсионного фонда:

1. На текущий момент рассчитываются предельные распределения активов;
2. Вычисляется текущая матрица ранговой корреляции фондовых индексов;
3. С помощью копулы строится совместное распределение и производится 10 000 симуляций Монте-Карло (симуляции позволяют получить сценарии доходностей);
4. Методом Монте-Карло находятся ожидаемая доходность каждого актива и оценка его риска по значению коэффициента VaR.

3 Результаты

На основании проведенного исследования были сделаны следующие выводы.

1. Портфели «Внешэкономбанка» не являются эффективными, находятся значительно ниже эффективной границы портфелей по Марковицу (рис.1.).

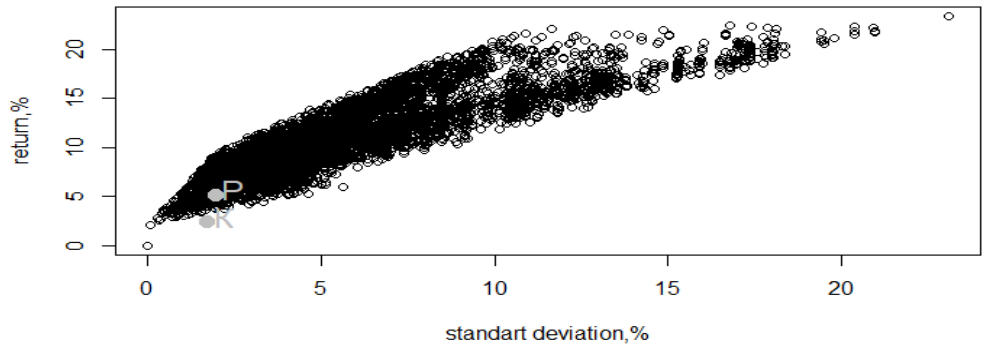


Рис. 1. Портфельное множество без ограничений

По оси ординат измеряется среднегодовая доходность портфелей в процентах, по оси абсцисс – стандартное отклонение среднегодовой доходности. Серыми точками отмечены расширенный (Р) и консервативный (К) портфели «Внешэкономбанка».

2. Замена законодательных лимитов на максимальную долю активов в составе портфеля пенсионных накоплений ограничениями на VaR однодневной доходности портфеля позволяют расширить вверх множество допустимых портфелей и приблизиться к эффективной границе портфелей (рис.2.).

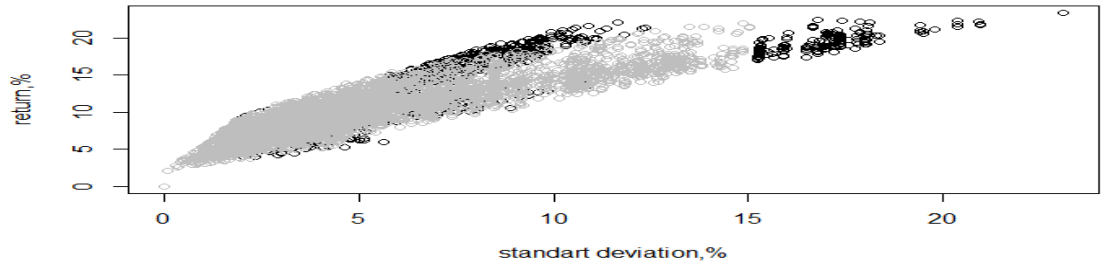


Рис. 2. Портфельное множество с законодательными ограничениями

На рис. 2 серым цветом обозначены портфели с законодательными ограничениями на активы, черным – портфели без ограничений.

3. VaR портфеля в размере 1% является оптимальной мерой управления рисками в накопительных пенсионных планах (рис. 3).
4. На рис. 3 можно увидеть, что замена на VaR в 1% портфеля (черный цвет) позволяет расширить вверх множество доступных портфелей пенсионных накоплений в сравнении с VaR в 2.5% (серый).

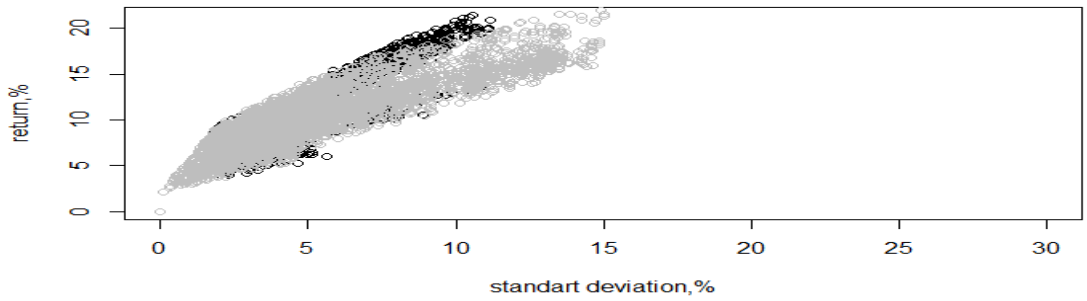


Рис. 3. Портфельное множество с ограничениями на величину VaR с максимальным значением 1%

Заключение

Использование модели GARCH-EVT-COPULA позволило смоделировать стохастическую среднегодовую доходность портфеля пенсионных накоплений на временном горизонте 40 лет, с оценкой уровня риска.

Литература

1. Ghorbel A., Trabelsi A. Energy portfolio risk management using time-varying extreme value copula methods // Economic Modelling. Vol. 38. 2014. – P.470–485.

2. *Huang J.-J., Lee K.-J., Liang H., Lin W.-F*. Estimating value at risk of portfolio by conditional copula-GARCH method // *Insurance: Mathematics & Economics*. Vol. 45. 2009, № 3. P.315–324.

3. Wang Z.-R., Chen X.-H., Jin Y.-B., Zhou Y.-J. Estimating risk of foreign exchange portfolio: using VaR and CVaR based on GARCH-EVT-Copula model // *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. Vol. 389. 2010, № 21. – P.4918–4928.

4. Low R. K. Y., Alcock J., Faff R., Brailsford T. Canonical vine copulas in the context of modern portfolio management: are they worth it? // *Journal of Banking and Finance*. Vol. 37. 2013, № 8. P.3085–3099.

5. Жукова Г.С., Кагирова Д.Р. Структурные сдвиги в мировой экономике: нетрадиционный корреляционный анализ. В сборнике: Современные тенденции развития науки и образования: Теория и практика Материалы I Международной научно-практической конференции. 2017. С. 93-98.

6. Кагирова Д.Р., Орлик Л.К. Адаптивный подход к оценке усредненных корреляционных свойств двух временных рядов. В сборнике: Экономическое прогнозирование: модели и методы. Материалы XII Международной научно-практической конференции. 2016. С. 20–25.

7. Жукова Г.С., Кагирова Д.Р. Адаптивный подход к анализу корреляционных свойств финансовых временных рядов. В книге: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018) Материалы одиннадцатой международной конференции. В 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2018. С. 412-414.

8. Aloui R., Aïssa M. S., Nguyen D. K. Conditional dependence structure between oil prices and exchange rates: a copula-GARCH approach // *Journal of International Money and Finance*. Vol. 32. 2013, № 1. P.719–738.

9. Абрамов А., Радыгин А., Чернова М. Долгосрочные портфельные инвестиции: новый взгляд на доходность и риски. Вопросы экономики. 2015. № 10. С. 54–77.

10. Абрамов А., Радыгин А., Чернова М., Акшенцева К. Эффективность управления пенсионными накоплениями: теоретические подходы и эмпирич. анализ. Вопросы экономики. 2015 № 7. С.26–44.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ: РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ IFEER

Кузьмин А.Ю.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский просп., д.49
a_kuzmin@fa.ru

Аннотация: Режим управления валютным курсом напрямую определяет методы математического моделирования динамики валютного курса. В связи с этим для изучения курсов валют в условиях режима free floating (свободное плавание) предлагается концептуальное определение валютного курса. Предложенная концепция IFEER позволяет включить в математическое моделирование движение капитала.

Ключевые слова: математическое моделирование, валютный курс, концепция IFEER.

Введение

Режим управления валютным курсом напрямую определяет методы математического моделирования динамики валютного курса.

В связи с этим для изучения курсов валют в условиях режима free floating (свободное плавание) предлагается концептуальное определение валютного курса e как усредненное по объемам в иностранной валюте взвешенное значений курсов N рыночных проведенных сделок $e_i, i \in (1, N)$:

$$e \equiv \sum_{i=1}^{N} \frac{D_i}{\sum_{j=1}^{N} D_j} \times e_i \ , \qquad (1)$$

где e_i , D_i , R_i соответственно - рыночные валютные курсы, суммы в иностранной валюте и суммы в национальной валюте. В i-ой сделке: $e_i D_i = R_i$.

После дезагрегирования потоков по счетам платежного баланса и после вычленения действий монетарных властей, в частности, в работах автора [1-2] в соответствии с разработанной концепцией равновесного валютного курса на основе международных потоков (international flows equilibrium exchange rate, IFEER) за период времени показано:

$$\begin{aligned} e_t &= (I_t + K^-) \Big/ (E_t + K^+) = \\ &= (E_t^* + K^{*+}) \Big/ (E_t + K^+) = \\ &= (E_t^* + K^{*+}) \Big/ (I^*_t + K^{*-}) = 1 \Big/ e_t^*, \end{aligned} \qquad (2)$$

где E - предложение со стороны экспорта инвалюты, I - спрос в национальной валюте со стороны импорта на иностранную, K^-, K^+ - величина соответственно оттока и притока капитала между странами.

Здесь звездочка говорит о экономико-финансовых величинах противоположной страны-контрагента.

Мы воспользовались также свойствами потоковых функций:

I*=E,

E*=I,

$K^{*-} = K^+$,

$K^{*+} = K^-$.

Моделирование краткосрочных эффектов в соответствии с концепцией IFEER

Положим, что объем валюты, поставляемой на внутренний рынок, определен в период времени t-1 решениями экспортеров-производителей:

$$I_t^* = k_E P_t^* (Q_t^{\frac{1}{x+1}} Q_{t-1}^{\frac{x}{x+1}})^{\delta} (e_{t-1}^R)^z . \qquad (3)$$

Где: Q_t - совокупный реальный выпуск,

P_t^* - совокупный уровень цен за рубежом.

В данных условиях накладываются следующие ограничения:

z-y=x, $\chi \neq -1$, k_E - константа.

Здесь необходимо подчеркнуть здесь основополагающую зависимость от реального двустороннего валютного курса, представляющего показатель международных конкурентных преимуществ:

$$e^R{}_{t-1} = e_{t-1} P^*_{t-1} \Big/ P_{t-1}.$$

Спрос со стороны импорта на иностранную валюту, таким образом, определяется симметрично решениями производителей в период времени t-1, так как экспорт определенной страны представляет импорт ее контрагента:

$$I_t = E_t^* = k_I P_t \ (Q_t^{*\frac{1}{x+1}} Q_{t-1}^{*\frac{x}{x+1}})^{\lambda} (e^R_{t-1})^y. \qquad (4)$$

Здесь: k_I- константа, Q_t - совокупный реальный выпуск.

В формуле (4) учитываются возможные отличающиеся величины откликов потоковой функции экспорта на изменения реального валютного курса и совокупного производства через настраиваемые параметры в показателях степени.

И здесь следует отметить, что результаты различных научных исследований подчеркивают влияние на номинальные курсы такого определяющего всю мировую экономику фактора, как потоки капитала.

Предложенная концепция IFEER позволяет включить в математическое моделирование движение капитала.

Положим ряд гипотез о виде базовых зависимостей: потоковые функции движения капитала являются возрастающей функцией по условиям торговли, по совокупным ценам и по реальному совокупному продукту.

Безусловно, отметим, что для моделирования краткосрочной динамики необходимо видоизменение функций притока и оттока капитала. В этом контексте коэффициенты k перестают быть константами и становятся функцией, например, возрастающей для функции оттока капитала в кризисный период.

Функциональная зависимость притока капитала:

$$K_t^+ = k_{K^+}(t) P_t^* (Q_t^{*\frac{1}{x+1}} Q_{t-1}^{\frac{x}{x+1}})^{\theta} (e^R_{t-1})^z. \qquad (5)$$

Совершенно симметрично, функция оттока капитала:

$$K_t^{*+} = k_{K^-}(t) P_t \ (Q_t^{*\frac{1}{x+1}} Q_{t-1}^{*\frac{x}{x+1}})^{\rho} (e^{*R}_{t-1})^{-y}. \qquad (6)$$

Важно подчеркнуть, что в связи с высказанными предположениями зависимости капитала взаимосвязаны:

$$K_t^- = K_t^{*+} = k_{K^-}(t) P_t \ (Q_t^{*\frac{1}{x+1}} Q_{t-1}^{*\frac{x}{x+1}})^{\rho} (e^R_{t-1})^y .$$

В итоге подставим потоковые функции в (2):

$$e(t, k(t), Q(t), P(t), P^*(t)) = k(t) \frac{P_t}{P_t^*} Q_t^{*\rho'} Q_t^{-\theta'}. \qquad (7)$$

Заключение

В заключении отметим, что в результате получена многофакторная нелинейная зависимость валютного курса.

Здесь следует подчеркнуть, что данная зависимость отличается от предыдущих зависимостей [3-5], в частности, полученных в среднесрочном варианте, наличием функции $k(t)$, отвечающей за взрывные изменения курса именно в плане краткосрочной динамики.

Литература

1. *Kuzmin A.* A Structural Model of Exchange Rate Dynamics // Review of Business and Economics Studies, Volume 2, Number 3, 2014. P. 86-92.
2. *Кузьмин А.Ю.* Моделирование динамики равновесных валютных курсов: монография (Второе издание). М.: Вега-Инфо, 2016. 240 с.
3. *Кузьмин А.Ю.* Экономико-математическое моделирование курса рубля в условиях членства России в ВТО // Деньги и кредит. № 5. 2014. С. 45-49.
4. *Кузьмин А.Ю.* Равновесие курса рубля и проблемы оптимума // Экономические стратегии. № 2. 2011. С. 104-109.
5. *Kuzmin A.* Equilibrium Exchange Rate Modeling // Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD 2018), Publisher: IEEE, https://ieeexplore.ieee.org/document/8551843/metrics#metrics, 2018, DOI: 10.1109/MLSD.2018.8551843.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКЕ, ОСНОВАННЫХ НА АЛГОРИТМАХ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Лапчинская М.П., Троицкий В.И.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект д. 49
la.margo@mail.ru, v.troja@yandex.ru,

Троицкий А.В.

SAP СНГ, Россия, Москва, Космодамианская наб., 52/7
andrew.troitskiy@gmail.com

Аннотация: В работе рассматриваются особенности, свойства и ограничения нечетко-множественных моделей MIMIC и DYMIMIC для оценки теневой экономики, предлагаются подходы, позволяющие модифицировать и адаптировать данные модели и алгоритмы для оценки уровня и динамики теневой экономики регионов России

Ключевые слова: индустрия 4.0, нечеткая логика, теневая экономика, нечеткое моделирование, нечеткие модифицированные модели

Индустрия 4.0 как новый этап развития науки и техники, проникает практически во все направления технологического и социального развития общества, в том числе и в такое как управление и развитие банковской и финансовой систем.

Согласно действующей Стратегии экономической безопасности РФ, одной из важных задач современности является обеспечение мониторинга состояния защищенности экономики страны. Теневая экономика включена в состав основных вызовов и угроз экономической безопасности России. При анализе статистических данных и результатов зарубежных исследований выявляется низкая степень открытости сведений о теневой экономике. Данные излишне обобщены [1] и не дают возможности принимать качественные управленческие решения. В связи с этим было решено применить аппарат нечеткой логики и основанное на ней нечеткое моделирование.

Нечеткое моделирование традиционно привлекает широкий круг специалистов и представляет собой специальный математический аппарат нечеткой логики, теория, основам которой уже более полувека (Л. Заде), к подобным экономическим процессам, а именно к анализу теневой экономики, позволяющий включать в модель неточную, качественно описанную или неопределенно сформулированную экспертную информацию и зачастую обеспечивают единственно верный подход в ситуациях, когда традиционные математические модели затруднительно применить, главным образом, из-за отсутствия надежных и полных данных и их слабой структурированности (когнитивности).

На сегодняшний день существует достаточно много подходов к оценке теневой экономики [2,6]. Среди нечетких подходов существует две известные нечетко-множественные модели [3] для оценки теневой экономики,- MIMIC и DYMIMIC,- разработанные специалистами Всемирного банка для стран с переходной (транзитивной) экономикой. Эти модели используются многими зарубежными

авторами. [4, 5]. К основным преимуществам этих моделей авторы относят возможность добавлять, удалять и изменять набор независимых переменных и индикаторов, что позволяет адаптировать модель к особенностям национальной экономики и внедрять в нее наиболее весомые и значимые признаки. Однако наряду с явными преимуществами данных моделей оценки, позволяющими максимально объективно оценить размер теневой экономики, у этих моделей есть свои ограничения.

Цель нашей работы – исследовать особенности, свойства и ограничения существующих моделей, предложить подходы, позволяющие модифицировать и адаптировать соответствующие алгоритмы, предназначенные для оценки уровня и динамики теневой экономики регионов России на основе показателей качества жизни населения (налоговое бремя, уровень безработицы, межбюджетные трансферты, соотношение доходов населения и уровня цен).

В данной работе рассматривается применение математического аппарата нечеткой логики к анализу теневой экономики с целью разработать алгоритм принятия решений по совершенствованию налоговой политики в регионах России. Данный алгоритм носит исследовательский характер, его апробация проводилась на данных экономики субъектов Дальнего Востока РФ, где из-за теневой экономики зачастую наблюдается недополучение налогов в местную бюджетную систему.

Практическая реализация предлагаемых нами нечетких модифицированных моделей позволит более оперативно оценивать объемы теневой экономики в регионах и прогнозировать логически обоснованные решения по совершенствованию налоговой политики в том или ином регионе, а, следовательно, экономическую ситуацию регионов и экономическую безопасность страны в целом.

Литература

1. *Батурина Е.В.* Перспективы развития информационно-аналитического обеспечения системы мониторинга экономической безопасности России. // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2018. Том 17. № 5. С. 869–892.
2. *Власов А.П.* Методы оценки теневой экономики. Национальная безопасность // Nota bene. 2015. № 3. С. 417–426
3. *Костин А.В*. Опыт измерения теневой экономики в западной литературе. // Вестник НГУ. Серия Социально-экономические науки. 2011. Том 11, вып.4, с.33-43.
4. *Schneider F., Buehn A., Montenegro C. E*. New Estimates for the Shadow Economies all over the World // International Economic Journal. 2010. Vol. 24 (4). P. 443–461.
5. *Hassan M., Schneider F*. Modelling the Egyptian Shadow Economy: A MIMIC model and A Currency Demand approach // Journal of Economics and Political Economy. – 2 016. – Vol. 3. No. 2 [Электронный ресурс]. URL: http://kspjournals.org/index.php/JEPE/article/view/788/859 (дата обращения: 04.07.2019).
6. Какаулина М.О. Методика количественной оценки ненаблюдаемой экономики на региональном уровне на основе отраслевой структуры валовой добавленной стоимости. // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2018. Том 17. № 6. С. 1021–1036.

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА

Левченко К. Г.

Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва

Аннотация. Заинтересованность предприятий в результатах своей деятельности усиливает необходимость повышения их эффективности, которая выступает важнейшим фактором обеспечения экономической безопасности предприятия и создания условий для его дальнейшего развития. Оценка и прогноз эффективности стали особенно актуальными как с точки зрения решения проблем отдельно взятого предприятия, так и с точки зрения решения вопроса об эффективности национальной экономики в целом.

Ключевые слова: эффективность, финансовый кризис, модель.

Введение

Электроэнергетика относится к ключевым отраслям промышленности. Большая часть мощности (67,9%) приходится на тепловые электростанции, 20,2% – гидроэлектростанции, 11,7% – атомные электростанции.

Электроэнергетика представляет собой ключевую движущую силу роста мировой энергетики и единственный сектор, где конкурируют все виды первичного топлива. Анализ развития глобальной энергетики рынка на 2017 год показал, что Китай занимает первое место в мире по производству и потреблению электроэнергии, на долю которых приходится 6015 млрд кВт/ч, США заняли второе

место – 4327 млрд кВт/ч, Индия – третье – 1423 млрд кВт/ ч и Россия заняла четвертое место – 1049 млрд кВт/ч. Россия стала нетто-экспортером электроэнергии в 2016 году. Производство электроэнергии превышало потребление на 21,6 млрд кВт/ч. Импортеры российских энергоносителей в структуре экспорта электроэнергии по объему являются Финляндия (26%), Китай (15,3%), Беларусь (12,5%), Украина (12,5%) и Литва (10,3%).

1 Анализ экономической эффективности электроэнергетических компаний

Энергоснабжающая компания, как участник оптового энергетического рынка, покупает энергию на рынке и продает ее розничным потребителям. Одним из условий этого вида деятельности является равенство объемов закупаемой энергии на оптовом рынке в соответствии с прогнозами. Отклонения фактического потребления электроэнергии от заявленного приводят к потерям, понесенным энергоснабжающей компанией. Тогда компания вынуждена покупать электроэнергию или продавать чрезмерно закупленную электроэнергию на балансирующем энергетическом рынке по менее выгодной цене. На компанию могут быть наложены ответные меры при условии значительных отклонений. Кроме того, энергоснабжающие компании подвержены определенным рискам, финансовым потерям и экономическому спаду.

Для повышения экономической эффективности электроэнергетических компаний не редко применяют математические модели. К таким классам моделей относят модели прогнозирования. Применение математических моделей прогнозирования в производстве и потреблении энергии позволяет повышать точность прогнозирования энергопотребления, что отражается на снижении затрат энергоснабжающих компаний.

Как показывает практика, нет единых методов применения подходов к прогнозированию энергопотребления, поскольку у энергоснабжающих компаний есть специальные технологические циклы, которые формируют временные процессы, уникальные для каждого предприятия. И поэтому имеет смысл только то, что производственные циклы энергопотребления имеют сходные тенденции, что позволяет их учитывать для повышения точности прогнозов.

При прогнозировании учитываются циклические, факторные и случайные закономерности. Циклические тренды составляют около 70-80% всех изменений в потреблении энергии, такие как время, день недели и продолжительность дня. Закономерности функционального аспекта составляют около 10-15% от общих отклонений в зависимости от потребителя: температура воздуха или используемая охлаждающая жидкость, подача сырья, давление газа, общая добыча и т.д. Случайные закономерности обычно изучаются отдельно. Ненадежность исходных данных приводит к неопределенности прогноза энергопотребления.

В качестве примера рассмотрим динамику потребления электроэнергии в энергосистеме России 2013-2019 гг. Объектом исследования явились суточные значения потребления электроэнергии за период с 2 января 2013 года по 30 апреля 2019 года, взятые с сайта системного оператора единой энергетической системы (СО ЕЭС). Динамика выбранного показателя приведена на рисунке 1.

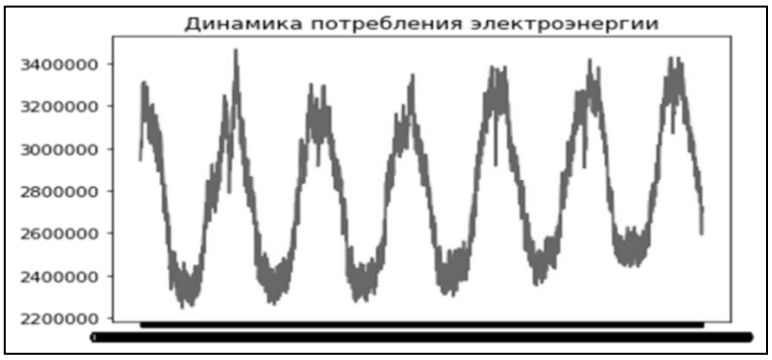


Рис. 1. Динамика потребления электроэнергии в энергосистеме России 2013-2019 гг.

2 Обзор работ по вопросам прогнозирования электропотребления

В работе [4] были рассчитаны коэффициенты корреляции, детерминации и эластичности энергопотребления, которые для всех моделей оказались близки к нулю, что объясняет низкую функциональную зависимость между показателями и отсутствие существенной зависимости объема потребления от тарифа.

Динамика коэффициентов эластичности представлена на рисунке 2.

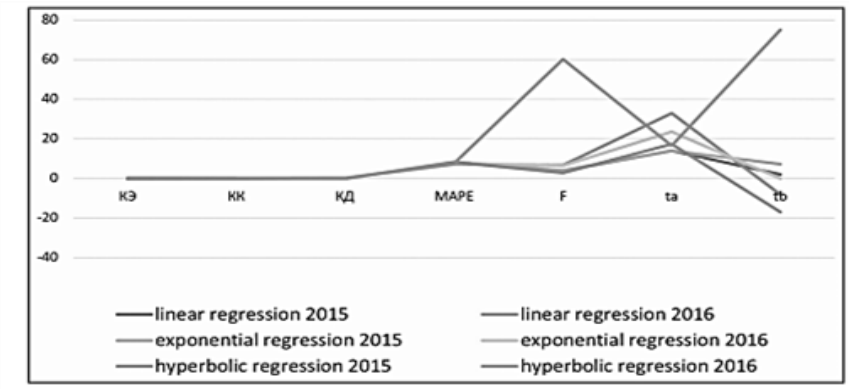


Рис. 2. Динамика коэффициента эластичности

В работе [3] при прогнозировании электропотребления был предложен подход, позволяющий выделить следующие типы дней в неделе: рабочий день; выходной день; праздничный день. Такой подход использовался, поскольку характер ЭП по этим дням различается. Так, например, в рабочие дни ЭП в большей степени зависит от технологических процессов промышленных предприятий, в то время как в выходные и праздничные дни больший вес имеют социальные явления. Также в модель была включена среднесуточная температура окружающего воздуха, поскольку от него напрямую зависит потребление электрической энергии. Используемая методика дала среднюю ошибку 3.0 % на интервале 1 год (рисунок 3).

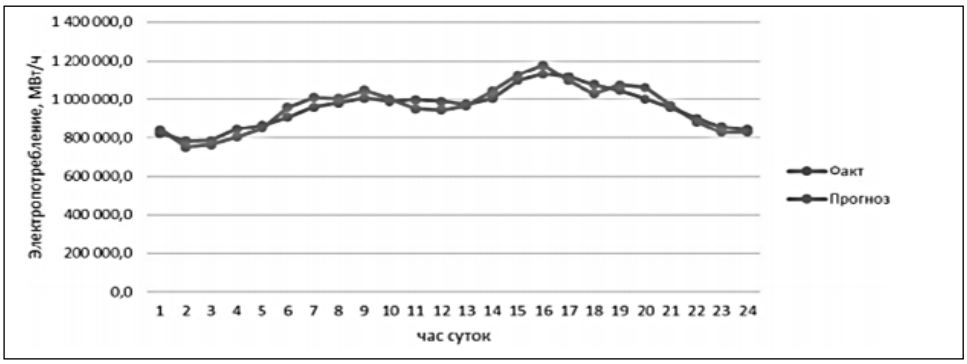


Рис. 3. Прогноз потребления с учетом температурно-ветрового индекса

Литература

1. *Иванюк В.А., Абдикеев Н.М.* Методы обнаружения кризисных ситуаций в экономике на ранних стадиях // Эффективное антикризисное управление. 2017. № 3 (102). С. 10-14.
2. *Иванюк В.А., Абдикеев Н.М., Пащенко Ф.Ф., Гринева Н.В.* Сетецентрические методы управления // Управленческие науки. 2017. Т. 7. № 1. С. 26-34.
3. *Потапов В.И., Грицай А.С., Тюньков Д.А., Синицин Г.Э.* Использование нейронной сети для построения краткосрочного прогноза электропотребления. – 2016
4. *Firsova I., Vasbieva D., Kosarenko N., Khvatova M., Klebanov L.* Energy Consumption Forecasting for Power Supply Companies // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2019. №1. – p. 1-6

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Миткинов В.Е.

Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия,
г. Москва, ул. Ленинградский проспект, 49

Аннотация: В современной экономике прогнозирование занимает особое место. В данной сфере проводятся многочисленные научные исследования с целью определения перспектив развития какого-либо процесса. Прогноз необходим для принятия ряда важных решений, таких как: инвестирование собственного капитала, разработка стратегии развития бизнеса, выявление наиболее вероятных и экономически эффективных вариантов долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных планов.

Ключевые слова: прогноз, модель, анализ.

Введение

По оценкам экспертов в области прогностики насчитывается более 100 методов прогнозирования. Базовых методов прогностики, повторяющихся в других методах в различных вариациях, значительно меньше. Большинство из этих «методов» будет правильнее отнести к отдельным приемам прогнозирования, остальные отличаются от базовых последовательностью применения и количеством приемов.

Хочется заметить, что в отечественных и зарубежных работах авторы зачастую не уделяют большого внимания классификации методов прогнозирования. Но на мой взгляд, сейчас эта предметная область так расширилась, что даже самая общая классификация необходима. Далее я представил свой вариант общей классификации.

1 Классификация методов прогнозирования

Для начала разберемся, что есть метод прогнозирования. Метод прогнозирования представляет собой выполнение прогностических операций, обработка и анализ исследуемых данных для получения будущих значений. Чтобы правильно классифицировать методы, следует соблюсти несколько простых принципов классификации: достаточная полнота охвата методов прогнозирования, единый признак классификации на каждом уровне членения. Все методы прогнозирования делятся на две группы: интуитивные и формализованные.

Применение интуитивного метода используется в том случае, когда система или объект, который следует описать, слишком прост, либо достаточно сложен для математического описания и тем самым не удается учесть влияние всех факторов. В этом случае прибегают к оценке экспертов. Различают два вида экспертных оценок: индивидуальные и коллективные. В состав индивидуальных экспертных оценок входят: метод «интервью», подразумевающий непосредственный контакт эксперта со специалистом по схеме «вопрос-ответ»; аналитический метод, основанный на логическом анализе прогнозируемого объекта, при этом составляются аналитические докладные записки; метод написания сценария, основанный на определении логики исследуемого процесса. В основе коллективных экспертных оценок лежит сочетание индивидуальных оценок и статистический метод обработки этих оценок. Главная суть в том, что при коллективном мышлении точность результата повышается и во время обработки индивидуальных оценок экспертов могут возникнуть новые продуктивные идеи.

Класс формализованных методов основывается на использование математических моделей и методов:

- Метод наименьших квадратов
- Метод экспоненциального сглаживания
- Корреляционный и регрессионный анализ
- Модели стационарных временных рядов

Временным рядом называется ряд наблюдений за значениями некоторого показателя (признака), упорядоченный в хронологической последовательности, т.е. в порядке возрастания переменной t-временно́го параметра. Отдельные наблюдения временно́го ряда называются уровнями этого ряда.

В практике прогнозирования принято считать, что значения уровней временных рядов экономических показателей состоят из следующих компонент: тренда, сезонной, циклической и случайной составляющих.

Под трендом понимают изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию временно́го ряда. Это систематическая составляющая долговременного действия.

Наряду с долговременными тенденциями во временных рядах экономических процессов часто имеют место регулярные колебания - периодические составляющие рядов динамики.

Если период колебаний не превышает 1 года, то их называют сезонными. При большем периоде колебаний считают, что во временных рядах имеет место циклическая составляющая. Примерами могут служить демографические, инвестиционные и другие циклы.

Если из временно́го ряда удалить тренд и периодические составляющие, то останется нерегулярная компонента.

Экономисты разделяют факторы, под действием которых формируется нерегулярная компонента на 2 вида:

- факторы резкого, внезапного действия;
- текущие факторы.

Первый тип факторов (например, стихийные бедствия, эпидемии и др.), как правило, вызывает более значительные отклонения по сравнению со случайными колебаниями - иногда такие отклонения называют катастрофическими колебаниями.

Факторы второго типа вызывают случайные колебания, являющиеся результатом действия большого числа побочных причин. Влияние каждого из текущих факторов незначительно, но ощущается их суммарное воздействие.

2 Регрессионные модели

В задачах, где требуется изучить отношение между двумя и более переменными, используется регрессионный анализ. В статистическом моделировании регрессионный анализ представляет собой набор статистических процессов для оценки взаимосвязей между переменными. Он включает в себя множество методов моделирования и анализа нескольких переменных, когда основное внимание уделяется взаимосвязи между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными (или «предикторами»). Более конкретно, регрессионный анализ помогает понять, как типичное значение зависимой переменной (или «переменной критерия») изменяется, когда изменяется любая из независимых переменных, в то время как другие независимые переменные остаются фиксированными.

Чаще всего регрессионный анализ оценивает условное ожидание зависимой переменной с учетом независимых переменных, то есть среднего значения зависимой переменной, когда независимые переменные являются фиксированными. Реже акцент делается на квантиле или другом параметре местоположения условного распределения зависимой переменной с учетом независимых переменных. Во всех случаях должна оцениваться функция независимых переменных, называемая функцией регрессии. В регрессионном анализе также представляет интерес охарактеризовать изменение зависимой переменной вокруг прогноза регрессионной функции с использованием распределения вероятностей. Связанным, но отличным подходом является Анализ необходимого условия, который оценивает максимальное (а не среднее) значение зависимой переменной для заданного значения независимой переменной (потолочная линия, а не центральная линия), чтобы идентифицировать какое значение независимой переменной необходимо, но не достаточно для данного значения зависимой переменной.

Эффективность методов регрессионного анализа на практике зависит от формы процесса генерирования данных и от того, как он связан с используемым регрессионным подходом. Поскольку истинная форма процесса генерирования данных обычно неизвестна, регрессионный анализ часто в некоторой степени зависит от предположений об этом процессе. Эти предположения иногда проверяются, если имеется достаточное количество данных. Регрессионные модели для прогнозирования часто полезны, даже когда предположения умеренно нарушаются, хотя они могут работать не оптимально. Однако во многих приложениях, особенно с небольшими эффектами или вопросами причинности, основанными на данных наблюдений, методы регрессии могут давать вводящие в заблуждение результаты.

В более узком смысле регрессия может относиться конкретно к оценке переменных с непрерывным откликом (зависимых), в отличие от переменных с дискретным откликом, используемых в классификации. Случай непрерывной зависимой переменной можно более конкретно назвать метрической регрессией, чтобы отличить ее от связанных проблем.

Самой ранней формой регрессии был метод наименьших квадратов, который был опубликован Лежандром в 1805 году и Гауссом в 1809 году и Лежандр, и Гаусс применили этот метод к задаче определения из астрономических наблюдений орбит тел вокруг Солнца (в основном комет, но также и недавно обнаруженных малых планет). Гаусс опубликовал дальнейшее развитие теории наименьших квадратов в 1821 году, включая версию теоремы Гаусса – Маркова.

Литература

1. *Иванюк В.А., Цвиркун А.Д.* Обзор моделей и методов прогнозирования финансовых временных рядов / В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015 Материалы Восьмой международной конференции: В 2 томах. Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2015. С. 377-382.
2. *Иванюк В.А., Цвиркун А.Д., Попов В.Ю.* Классические подходы к анализу и прогнозированию риска / В книге: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016 Материалы Девятой международной конференции: в 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2016. С. 286-288.
3. *Иванюк В.А., Пащенко Ф.Ф.* Обзор моделей и методов, используемых при прогнозировании долгосрочного социально-экономического развития экономики страны / Управленческие науки в современном мире. 2016. Т. 2. № 1. С. 21-24.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РОБОТЫ В УПРАВЛЕНИИ БАНКОВСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Одинцов Б.Е., Берзин Д.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 49
odintsov45@list.ru, dberzin@fa.ru

Аннотация: Повышение уровня интеллектуализации банковских информационных технологий с помощью информационных роботов (инфоботов) – новый, но довольно перспективный инструмент. Он сегодня ориентирован, как правило, лишь на задачи поискового или констатирующего характера. Проблемы же управления остаются вне поля зрения разработчиков. Выходом здесь может служить создание специализированных инфоботов, описанию функций которых посвящена настоящая работа.

Ключевые слова: банки, информационные роботы, база знаний, управляющие предписания, информационные потоки

1 Информационные роботы

Роботы сегодня проникают как на производство, так и в различные управленческие структуры (офисы). Такая деятельность известна под аббревиатурой RPA – Robotics Process Automation – переводится как автоматизация процессов с помощью роботов.

Обратимся к понятию информационный робот, происшедшего от английского термина "bots", образованного в свою очередь от слова "robots". Такого рода инфоботы ориентированы на автоматизацию рутинных задач, возникающих в организационном управлении, что с сожалением подчеркивается в немалом количестве публикаций, так как этим заметно сужается их потенциал. Эти задачи касаются стандартизованных, повторяющихся операций, которые ранее являлись функциями людей (закупка товара или услуг, прием заказов и их оплата, составление отчетности, копирование и преобразование данных, проверка корректности данных, заполнение экранных форм, формирование отчетов по шаблонам и т.д.). Но, как будет показано далее, в результате непрерывного совершенствования информационных технологий инфоботам постепенно становятся подвластны и высокоинтеллектуальные процессы (например, поиск путей выхода из тупиковых ситуаций, нередко возникающих в результате генерации управленческих предписаний). Далее под информационным роботом будет пониматься автономная, программная система, снабженная комплексом датчиков и каналами связи, предназначенных для поиска, сбора, переработки и передачи информации о состоянии управляемого процесса (объекта) с последующим самостоятельным принятием решения.

Будем считать, что организационное управление объектом включает: планирование, учет, анализ и регулирование. Выделяя планирование, будем также считать, что управление не возможно без целей: стратегических, тактических и оперативных. Задача заключается в формировании таких управляющих предписаний, фиксируемых в виде ежемесячных (ежедекадных, ежедневных) планах, выполнение *которых* приведет к достижению подцелей в заданный период. Задача трансформации стратегической цели в ежемесячные управляющие предписания нами решена в [1], однако камнем преткновения остается периодическое приведение базы знаний адекватному изменившемуся внутреннему состоянию объекта управления и его окружающей среде. Выходом здесь может служить создание специализированных инфоботов, которые возьмут на себя две важнейшие функции: ежемесячная корректировка целевой иерархической базы знаний под новые внешние и внутренние обстоятельства и расчет управляющих предписаний, исполнение которых приведет к поставленной цели. Под информационным роботом будет пониматься относительно автономная автоматическая система, запускаемая вручную, снабженная соответствующим интерфейсом с иными необходимыми программными средствами и каналами связи, предназначенных для поиска, сбора, переработки и передачи информации о состоянии управляемого процесса (объекта), и способная самостоятельно формировать управленческие решения. Информационный робот выполняет свои функции в составе интеллектуальной информационной системы под которой будем пониматься система способная прежде всего осуществлять целенаправленное поведение, накапливать знания об окружающей среде в базе знаний, классифицировать их, оценивать с точки зрения поставленной цели и обрабатывать, формировать четкие и нечеткие решения на основе четких, нечетких, нестрогих, неполных, не доопределенных данных с использованием плохо формализованных правил, а также объяснять причину своих решений, обучаться и переобучаться, общаться с человеком на языке, приближенном к естественному. Рассмотрим некоторые из ее функций применительно к банковским системам и, некоторые, соответствующие им программные средства.

Функция «Моделирование целей и создание базы знаний» предназначена для структуризации целей управления всех уровней, их связывания с ответственными за их выполнение, разработку стратегических карт, установление связей целей с показателями, отражающими уровень их достижения и связывания целей с показателями, оценивающими их эффективность. Применение здесь инфоботов невозможно, так как создание моделей пока остается прерогативой человека.

Все результаты моделирования базы знаний визуализируются. Процедурная часть базы знаний касается расчетов показателей, характеризующих как фактическое финансово-экономическое состояние, так и плановые управляющие предписания. Теоретические и практические основы создания целевой иерархической модели базы знаний тщательно описаны в [2].

В результате получают модель целевой иерархической базы знаний (дерево целей), содержащую идентификаторы показателей целей в форме дерева целей. Каждая цель характеризуется тремя параметрами: показателем достигнутого уровня цели, знаками «+» или «-», указывающими на требование увеличения или снижения данного показателя и коэффициентом приоритетности. Сумма коэффициентов приоритетности на каждом уровне дерева должна равняться единице.

Функция «Поддержка и обработка базы знаний» выполняется периодически в конце каждого бюджетного периода. Эту функцию поддерживают два инфобота. Инфобот № 1 предназначен для слежения и своевременной ее корректировки базы знаний. В основу его работы положена фреймовая база знаний. Он позволяет выполнять следующие процедуры:

- автоматическое перераспределение ресурсов в случае их нехватки;
- автоматическая замена знаков динамики ресурсных и расчетных показателей.

Первая проще поддается формализации. Как правило, на ресурсы устанавливаются ограничения, что непременно требует принятия решений по их взаимозаменяемости.

Восполнить недостающий ресурс можно за счет иного ресурса, чему способствует формула, которая их связывает. Такое понимание ресурса позволяет ввести процедуру его заимствования. Обязательным условием выступает алгоритмической связи между ресурсом, которого не хватает, и ресурсом-заменителем.

Актуальной является пока еще не решенная задача корректировка коэффициентов приоритетности достижения целей, проводимая ежемесячно. Если она будет решена, то это позволит создать еще один, достаточно востребованный инфобот.

Инфобот № 2 предназначен для обработки базы знаний, завершающейся формированием управляющих предписаний. Его работа делится на два этапа:

1. Расчет показателей, отражающих фактическое финансово-хозяйственное состояние банка за период, движением по дереву целей «снизу-вверх». Этим определяется уровень в достижении стратегической цели по формулам прямых вычислений.

2. Расчет целевых индикаторов для отдела бюджетирования, служащих основой для составления

бюджета на последующий период (движением по дереву «сверху-вниз») по формулам обратных вычислений [2, с. 66].

2 Информационные потоки

Информационные потоки, используемые инфоботами, следующие.

Поток 1. В конце отчетного периода (день, декада, месяц) в инфобот № 1 из системы управленческого учета, внешней среды и руководства, поступает информация, касающаяся фактического достижения цели в истекшем периоде, значения важнейших показателей, отражающих конъюнктуру рыка, состояние конкурентов, цены на продукцию и товары. Полученная информация позволяет адаптировать под изменившуюся ситуацию приоритетности в достижении подцелей и, что важно, скорректировать направления изменений показателей в следующем периоде. Именно в этом заключается задача инфобота №1.

Поток 2 полученная информация направляется в инфобот 2 для корректировки целевой иерархической базы знаний.

Поток 3 содержит величину шага в продвижении к стратегической цели в последующем периоде. Величина может рассчитываться автоматически, либо, в случае надобности, задаваться руководством, после чего она направляется в систему стратегического планирования.

Поток 4 утвержденный шаг в продвижении к стратегической цели направляется в инфобот № 2 для расчетов приростов оперативных подцелей.

Поток 5 содержит приросты, полученные на основе обратных вычислений целевых показателей, которые который следует достичь в следующем периоде. Они направляются в отдел бюджетирования для согласования и утверждения.

Поток 6 содержит управляющие предписания в форме планов, которые направляются исполнителям (структурным подразделениям).

Функция «Мониторинг и финансово-экономический анализ состояния банка» поддерживается различными специализированными и программными средствами, среди которых особое место занимает BI (Business Intelligence) – интеллектуальная поддержка бизнеса, которые включают[4]: DM (Data Mining) - технологии интеллектуального анализа данных; FL (Fuzzy Logic) – технологии нечетких выводов; NT (Neural network based technology) - нейросетевые технологии; ML (Machine Learning) - технологии машинного обучения; ЭС - экспертные системы.

Пока инфоботы ориентируются, в основном, на рутинные физическую и умственную работы, но такое положение временное, так как прогресс в данной сфере неминуем. Итог предвидел К. Маркс, который еще в 1856 года предупреждал: «Все наши открытия и весь наш прогресс как бы приводят к тому, что материальные силы наделяются интеллектуальной жизнью, а человеческая жизнь, лишенная своей интеллектуальной стороны, низводится до степени простой материальной силы» [3, стр. 4]. Тогда не было компьютеров, поэтому сегодня можно цитату уточнить следующим образом: будущее положение общества гораздо хуже, так как неизбежно будет сокращаться потребность не только в «простой материальной силе», но и в умственной. В результате общество неминуемо столкнется с тотальной безработицей, о чем необходимо озаботиться уже сегодня.

Литература

1. *Odintsov, B.* Decision support methods in balanced scorecard / Dik, V., Urintsov, A., Odintsov, B., Churikanova, O. // Scientific bulletin of national Mining University, Ukraina: Dnipropetrovsk. – 2014. – No.4. – pp.120-126.
2. *Одинцов Б.Е.* Информационные системы управления эффективностью бизнеса: практикум для бакалавриата и магистратуры. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 206 с.
3. *Маркс К., Энгельс Ф.* Сочинения. Т.12, стр. 4.
4. *Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В.* Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВПетербург, 2007. – 384 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ОГРАНИЧЕНИЙ ИЗОПЕРИМЕТРИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Орёл Е.Н.[1], Орёл О.Е.[2]

[1]Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва , Ленинградский просп. д.49
[2]Московский физико-технический институт,
Россия, Московская обл., г. Долгопрудный , ул. Институтская, д.9
enorel@fa.ru, olga_orel72@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются системы динамической оптимизации, в которых, помимо функционала, подлежащего оптимизации, присутствуют функционалы, значения которых на реальном процессе управления должны быть ограничены. В этом случае можно считать, что заданы ограничения изопериметрического характера. Предлагается такие ограничения заменить краевыми задачами для дополнительных координат. Предложенный подход иллюстрируется численным решением изопериметрической задачи вариационного исчисления.

Ключевые слова: динамическая оптимизация, изопериметрические задачи, глобальный экстремум.

Введение

Процессы эволюции сложных управляемых систем могут описываться непрерывными, дискретными или смешанными уравнениями. При этом могут присутствовать факторы неопределённости. Поскольку события разворачиваются во времени, то необходимо следить за накоплением некоторых величин. Так, при управлении финансово-экономическими системами часто требуется максимизировать суммарную прибыль при условии, что суммарные издержки не превосходят константы. Ограничений последнего типа может быть несколько. По аналогии с вариационным исчислением будем считать такие ограничения изопериметрическими. Математически процесс накопления одной величины задаётся в виде функционала.

Учитывая сказанное, будем считать, что в задаче имеется несколько функционалов, один из которых минимизируется, а остальные должны удовлетворять заданным ограничениям. Термин «оптимизация» будем понимать в классическом смысле, когда локальные экстремумы или «стационарные точки» нас в конечном итоге не интересуют – мы стремимся к нахождению

глобального (абсолютного) экстремума или его приближения. Именно это требуется в задачах экономики, робототехники, искусственного интеллекта и так далее. Поскольку на точное решение задачи оптимизации сложных систем рассчитывать не приходится, будем сразу ориентироваться на построение приближённого решения. Более подробные рассуждения на эту тему содержатся в работах [1],[2].

Для решения задач изопериметрического типа в настоящей работе предлагается заменить изопериметрические ограничения дифференциально-разностными уравнениями для дополнительных переменных. Возникнет обычная задача динамической оптимизации, в которой можно использовать математический аппарат центральных дискретных или непрерывных полей траекторий [1]-[5].

Предлагаемый подход будет проиллюстрирован на хорошо известной изопериметрической задаче вариационного исчисления.

1 Постановка задачи

Будем, для определённости, рассматривать задачу оптимального управления в обычной постановке: найти минимум функционала

(1) $$J([t_0,t_1],x(.),u(.)) = \int_{t_0}^{t_1} L(t,x(t),u(t))dt \to min,$$

если заданы уравнения движения

(2) $$\frac{dx}{dt} = f(t,x(t),u(t)),$$

условия на концах траектории

(3) $$x(t_0) = x_0,\ \ x(t_1) = x_1$$

и соотношения

(4) $$t_0 \le t_1,\ (t,x(t)) \in D \subset R^{1+n},\ u(t)) \in U \subset R^m.$$

Управление $u(t)$ пусть принадлежит классу кусочно непрерывных вектор-функций, а функция Лагранжа $L(t,x,u)$ и векторная функция $f(t,x,u)$, зависящие от $1+n+m$ переменных, дважды непрерывно дифференцируемы.

Кроме этого, пусть заданы изопериметрические условия

(5) $$\Phi([t_0,t_1],x(.),u(.)) = \int_{t_0}^{t_1} \text{К}(t,x(t),u(t))dt \in G \subset R^k,$$

где $\text{К}(t,x,u)$ – k-мерная дважды непрерывно дифференцируемая вектор-функция $1+n+m$ переменных.

2 Преобразование задачи

Для $t \in [t_0,t_1]$ обозначим

(6) $$y(t) = \int_{t_0}^{t} \text{К}(\tau,x(\tau),u(\tau))d\tau.$$

Теперь соотношение (5) можно вообще исключить из постановки задачи, считая в условиях (1)-(4), что $x(t)$ – это бывшая пара $(x(t),y(t))$. Ясно, что размерность пространства состояний при этом увеличилась на k единиц.

Траектория $x(.)$, обеспечивающая решение новой задачи, как известно, является экстремалью Понтрягина, то есть кривой, удовлетворяющей принципу максимума. Но, как известно, этот принцип является необходимым условием локального экстремума, а для полного решения задачи на глобальный экстремум необходимо иметь центральное поле экстремалей [1] – множество экстремалей, выходящих из стартовой точки x_0 и однократно покрывающих пространство состояний.

Такое поле в крупномасштабных и многомерных задачах построить невозможно. Возникает острая необходимость дискретизации задачи с последующим численным её решением. Надо составлять траектории из элементарных участков (тем более, что современные вычислительные средства обладают достаточно большой мощностью как по памяти, так и по быстродействию). Следует, однако, предостеречь от перехода к регулярной решётке в пространстве состояний. Такая решётка в сочетании с методом множителей Лагранжа вполне приемлема в задачах вариационного исчисления [1],[2], но в задачах оптимального управления становится весьма трудно многократно

искать функции управления, переводящие систему из одной точки решётки в другую, близкую к первой.

Метод разбиения пространства состояний на классы (ячейки) [3] позволяет избежать решения подзадач нахождения маршрутов между соседними состояниями. Важным фактором является лишь то, в какую ячейку состояний попадает система. При этом фактически строится дискретное центральное поле квази-оптимальных траекторий. Более подробно метод описан в работах [1]-[5].

3 Пример: задача Дидоны

В качестве иллюстрации приведённых рассуждений рассмотрим численное решение наиболее известной задачи вариационного исчисления изопериметрического характера – задачи Дидоны. Широко известно, что круг обеспечивает максимальную площадь при заданном периметре p. Если к тому же задан прямолинейный «берег» или его часть, то решением будет круговой сегмент.

Теперь посмотрим, к чему приводит численное, приближённое решение. Будем составлять траектории из отрезков фиксированной длины l, расположенных под разными углами к оси Ox. Пусть, для простоты, элементарный шаг по углу равен $2\pi/n$, где n – целое число. Перемещая элементарные отрезки параллельно самим себе, можно получить правильный -угольник, вписанный в окружность радиуса

$$r = \frac{l}{2sin\frac{\pi}{n}}.$$

Как увидим ниже, если заданный фиксированный периметр равен $p = nl$, то программа построит в точности правильный -угольник. В противном же случае программа, скорее всего, не сможет вернуться в исходную точку. Поэтому последний шаг делается непосредственно в точку старта под тем углом, который получится.

Будем рассматривать плоские кривые $(x(t), y(t))$, параметризованные длиной дуги t. Тогда площадь области, ограниченной замкнутой кривой без самопересечений, вычисляется с помощью криволинейного интеграла второго рода $\frac{1}{2}\oint xdy + ydx$.

Значение такого интеграла на отрезке, соединяющем две заданные точки плоскости, (x_0, y_0) и (x_1, y_1), равно $x_0y_1 - x_1y_0$. Таким образом, интеграл площади для ломаной Эйлера легко вычисляется.

Вычислительня программа с помощью алгоритма Дейкстры строит дискретное центральное поле ломаных Эйлера (рис. 1 слева), которое можно понимать и как дерево путей.

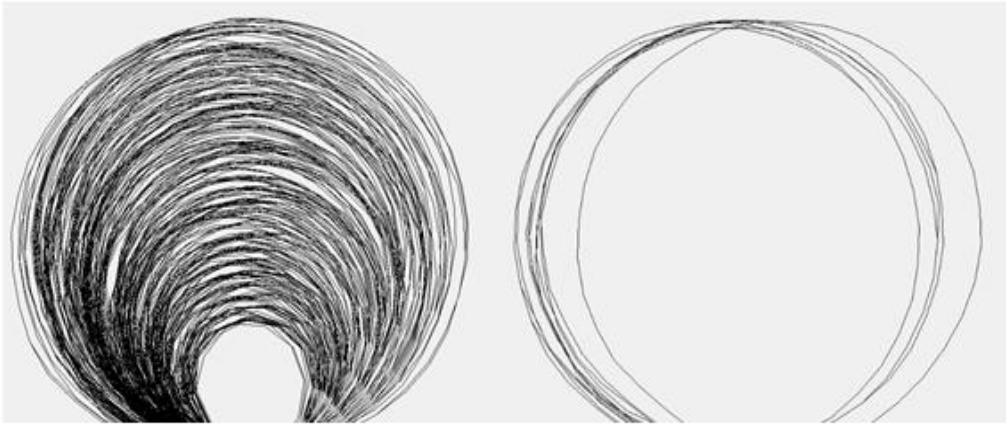


Рис..1. Дерево ломаных и его фрагмент

В программе элементарный шаг по углу равнялся $\pi/18 = 10°$. Поэтому получались равносторонние треугольники, квадраты и другие правильные многоугольники, как на рис. 2 слева. Справа на рис. 2 представлен случай, когда задан опорный отрезок, «берег моря для города Карфаген». Заметим, что пространство состояний теперь трёхмерно, поскольку третьей координатой является число пройденных ломаных.

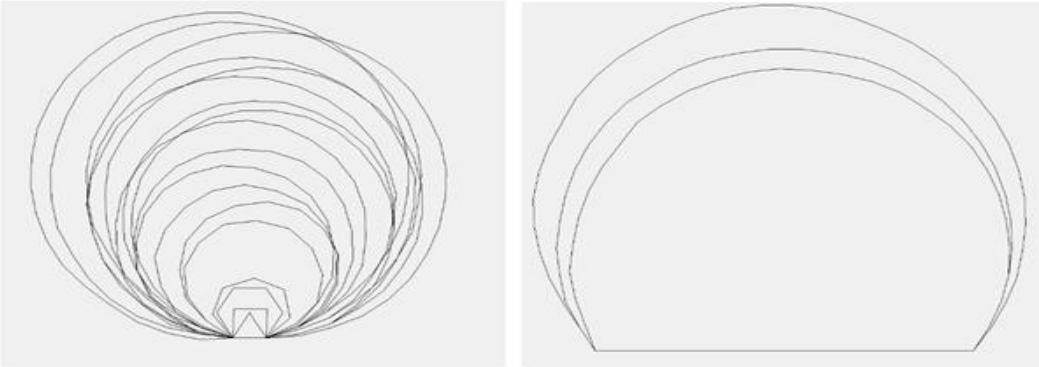


Рис. 2. Правильные многоугольники (слева) и опорный отрезок (справа внизу)

Литература

1. *Орёл Е.Н., Орёл О.Е.* Динамическая оптимизация: поиск абсолютного экстремума. – М.: Инфра-М, 2019. – 162 с.
2. *Орёл Е.Н., Орёл О.Е.* Динамическая оптимизация и кусочно постоянные функции на множестве состояний // Дифференциальные уравнения и процессы управления. 2019, № 1.– С.1-22.
3. *Орёл Е.Н.* Метод решения задач оптимального управления // Доклады АН СССР. 1989, Т. 306, № 6.– С.1301-1304.
4. *Орёл Е.Н., Орёл О.Е.* Центральные поля оптимальных траекторий // Доклады Академии Наук. 2014, Т. 458, № 4.– С.402-405.
5. *Орёл Е.Н., Орёл О.Е.* Оптимальное управление процессом производства при выполнении заказа к заданному сроку // Экономика и математические методы. 2016, Т. 52, № 2.– С.65-77.

ОБ ОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ВОСТРЕБОВАННОСТИ ИПОТЕЧНЫХ ЖИЛИЩНЫХ КРЕДИТОВ В РЕГИОНАХ РФ

Промахина И.М.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова д.40
imp-18@rambler.ru

Аннотация: Оценивалась эффективность использования ипотечного жилищного кредитования в регионах РФ в 2017 г. Эффективность определялась как отношение фактического объема выданных кредитов к потенциально возможному при данных значениях макроэкономических характеристик региона. Задача решалась в рамках эконометрической модели стохастической границы производственных возможностей..

Ключевые слова: эффективность системы ипотечного жилищного кредитования, регионы РФ, 2017 г., эконометрическая модель.

В работе ставилась задача оценить эффективность использования ипотечного жилищного кредитования в регионах РФ в 2017 г. Эффективность при этом понималась как отношение фактического объема выданных ипотечных жилищных кредитов к потенциально возможному при данных макроэкономических характеристиках региона. Такая задача решалась путем использования эконометрической модели, известной как модель стохастической границы производственных возможностей [1].

Если через q_i обозначить объем выпуска какого-то производства, то модель стохастической границы может быть записана в мультипликативной форме:

(1) $$q_i = f(\boldsymbol{x}_i, \boldsymbol{\beta})\exp(v_i)\xi_i,$$

где $\boldsymbol{x}_i$ - вектор ресурсов i-го производства, затрачиваемых на выпуск, $\boldsymbol{\beta}$ - вектор параметров модели, v_i – случайная величина, представляющая внешние шоки, которые влияют на выпуск, но не могут контролироваться менеджерами производства, $f(\boldsymbol{x}_i, \boldsymbol{\beta})$ – детерминированная граница выпуска, $f(\boldsymbol{x}_i, \boldsymbol{\beta})\exp(v_i)$ – стохастическая граница выпуска i-го производства, учитывающая наличие внешних шоков. Наконец, ξ_i - эффективность использования ресурсов в i-м производстве. Полагают, что $\xi_i = \exp(-u_i)$, где u_i – случайная величина, имеющая некоторое распределение и принимающая отрицательные значения с нулевой вероятностью. Вследствие этого для эффективности использования затрачиваемых ресурсов выполняется: $0 < \xi_i \leq 1$. Понятно, что чем ближе значение ξ_i

к единице, тем эффективнее используются ресурсы. Относительно случайных величин u_i и v_i делаются следующие предположения: u_i, как и v_i, для всех i=1, …, n - независимые, одинаково распределенные случайные величины, при этом u_i и v_i, распределены независимо друг от друга; v_i, имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием, а распределение u_i строго неотрицательно. На практике модель используется в двойной логарифмической форме:

(2) $\ln(qi) = \ln f(xi, \beta) + vi - ui$

и оценивается по методу максимального правдоподобия.

В настоящей работе в качестве «выпуска» рассматривался объем ипотечных жилищных кредитов, предоставленных кредитными организациями физическим лицам, проживающим в данном регионе, в миллионах рублей (обозначение y_i). «Ресурсами» выступали макроэкономические характеристики регионов: валовой региональный продукт за 2017 г., (vrp_i), в миллионах рублей, уровень безработицы в 2017 г. ($unemp_i$), в процентах, и уровень инфляции, измеренный как индекс потребительских цен минус 100 (cpi_i), в процентах. Таким образом, оценивалась модель:

(3) $\ln(y_i) = \beta_1 + \beta_2 * \ln(vrp_i) + \beta_3 * \ln(cpi_i) + \beta_3 * \ln(unemp_i) + v_i - u_i$.

Статистические данные по этим и всем другим, использованным в работе переменным были взяты из сборника «Регионы России» для 82 регионов РФ (из совокупности регионов были исключены Москва, Московская область, Санкт-Петербург как регионы, для которых объемы выданных ипотечных жилищных кредитов намного превышали средние по всем остальным регионам значения; кроме того, те регионы, в состав которых входили автономные округа, рассматривались как несколько регионов: отдельно каждый автономный округ и отдельно головная область). Результаты оценки модели приведены в таблице (см. табл.1).

Коэффициенты при всех объясняющих переменных модели оказались статистически значимыми при уровне значимости 0,05. Однако результаты засвидетельствовали, что объем выданных кредитов неэластичен ни по одному из выбранных макроэкономических показателей. Оценки коэффициентов показывают, что увеличение валового регионального продукта на 1% увеличивает детерминированную границу объема выданных кредитов на 0,81%, а увеличение на 1% уровня безработицы или индекса потребительских цен уменьшает эту границу, соответственно, на 0,26% и 0,27%.

Таблица 1. Результаты оценки модели (3)

	$\ln(vrp_i)$	**$\ln(cpi_i)$**	**$\ln(unemp_i)$**	**константа**
Оценки коэффициентоа и стандартные ошибки оценок	0,814 (0,046)	-0,267 (0,125)	-0,256 (0,109)	-0,042 (0,762)
p-значения	0,000	0,033	0,019	0,956
D(v) D(u) D(v - u)	0,021 0,212 0,234			

В последней строке таблицы приведены оценки дисперсий компоненты v, представляющей внешние шоки на значение оптимального объема выдаваемых кредитов, компоненты u, представляющей те воздействия на размер выдаваемых кредитов, которые контролируются агентами, участвующими в организации, предоставлении и потреблении кредитов, и общей случайной ошибки модели (3), v - u. Примечательно, что доля дисперсии контролируемых воздействий в общей дисперсии v - u оценивается в 90%.

По полученному уравнению для каждого региона были рассчитаны значения эффективностей (далее обозначается eff_i) востребования ипотечных кредитов. То есть для каждого региона было получено отношение объема ипотечных жилищных кредитов, реально выданных в регионе в 2017 г., к объему, оцененному моделью (3) как оптимально возможный при данных значениях макроэкономических показателей региона. (Заметим, что минимальное значение eff_i составляло 0,052 (Ненецкий автономный округ), а максимальное – 0,957 (Чувашская республика)).

И следующий этап работы был посвящен выявлению тех факторов, которые оказывали влияние на эту эффективность. С этой целью строились и оценивались по методу наименьших квадратов модели, в которых зависимой, объясняемой переменной выступала эффективность, а объясняющими факторами – различные наборы экономических показателей, которые, как предполагалось, воздействуют на уровень востребованности кредитов. Во все эти наборы, прежде всего, вошли переменные, характеризующие систему ипотечного кредитования в регионах, а именно: средневзвешенная ставка, %, по выданным с начала года кредитам (*rate*), средневзвешенный срок по выданным с начала годам кредитам, число кредитных организаций, выдающих ипотечные жилищные кредиты, объемы различного вида депозитов, привлеченных кредитными организациями. Кроме того,

в эти наборы входили показатели обеспеченности населения жильем, стоимости жилья, социальной поддержки населения в сфере приобретения и оплаты жилья, потребность в рабочей силе, а также среднедушевые доходы населения (*inc_pc*). Но во всех наборах устойчиво значимыми оказались только коэффициенты при факторах *rate* и *inc_pc*. При этом оба коэффициента были отрицательными. Оценка коэффициента при *rate* колебалась в пределах от -0,37 до -0,41, а это значит, что увеличение ставки по кредиту на один процент уменьшало эффективность (здесь можно сказать – интенсивность) востребования кредитов приблизительно на 0,40 пункта. Оценки коэффициента при *inc_pc* принимали значения в диапазоне от -0,0000131 до -0,0000103, то есть увеличение среднедушевого дохода населения на 10000 рублей уменьшало интенсивность востребования кредитов где-то на 0,1 пункта. Для определения значимости или незначимости различия в среднем значений эффективностей по восьми Федеральным округам в модель также вводились соответствующие фиктивные переменные. Оценки коэффициентов при этих переменных показали, что такие различия отсутствуют.

Литература

1. *Aigner D., Lovell K., Schmidt P.* Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Function Models // Journal of Econometrics. Vol. 6. P. 21-27.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. Статистический сборник. – М.: Росстат, 2018. 1162 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КРАШ-ТЕСТОВ В ГРАФОВОЙ АНАЛИТИКЕ СЛОЖНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТЕЖЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ

Пыркина О.Е., Зададаев С.А.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Россия, г. Москва Ленинградский проспект д.49
OPyrkina@fa.ru, SZadadaev@fa.ru

Аннотация: Работа посвящена анализу надежности и безопасности системы электронных платежей, моделируемой с помощью графовой аналитики. В рамках модели проводится анализ устойчивости системы на основе разработанных авторами краш-тестов, то есть моделирования последовательного разрушения и исключения из денежного оборота центральных и периферийных узлов системы. Рассмотрена динамика изменения метрических показателей графа при его разрушении (имитация хакерских атак, технических сбоев). Проводится определение критического уровня разрушения с помощью разработанной матрицы экономической безопасности.

Ключевые слова: оборот электронных денег, графовая аналитика, метрики графа, краш-тесты, безопасность электронного денежного оборота.

Введение

Стремительное внедрение цифровых технологий во все сферы современной жизни, включая финансовую деятельность, обуславливает необходимость разработки новых методов анализа и моделирования огромного числа возникающих при этом связей и взаимодействий. Одну из наиболее привлекательных и перспективных возможностей такого моделирования предоставляет теория сложных сетей и, в частности, графовая аналитика.

В современной банковско-финансовой сфере активно используется большое число систем электронных платежей различного рода, в частности, систем коммуникаций между банком и его клиентами, а также систем межбанковских коммуникаций (включая международные); их удобно рассматривать как технологически сложные сети и исследовать их свойства, опираясь на теорию сложных сетей[72].

[72] *В качестве примера таких сложных сетей в финансовой сфере можно привести систему международных банковских телекоммуникаций SWIFT (SWIFT, Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications, Сообщество всемирных межбанковских финансовых телекоммуникаций - международная межбанковская система передачи информации и совершения платежей (https://www.swift.com/m). С 2014 года ЦБ России стал предоставлять банкам страны услуги, аналогичные SWIFT, создав систему СПФС (https://www.cbr.ru/PSystem/mes/) (систему передачи финансовых сообщений), работающую на российской платформе CyberFT*

Для изучения характеристик таких систем и устойчивости их к случайным повреждениям и целенаправленному разрушению, (а также для обнаружения возможного мошенничества в электронных платежных системах) в последние годы активно разрабатываются методы графовой аналитики, позволяющие легко расширять моделируемые системы до любых необходимых размеров, обнаружить, визуализировать и изучить возникающие в системах связи [1,2]. На основе метрик построенных графов, отражающих реальные взаимосвязи и взаимодействия в финансовых сетях и платежных системах, исследуются свойства и характеристики сети и оцениваются вероятности и последствия ее разрушения или сбоев любого происхождения.

Важность анализа систем подобного рода возрастает по мере увеличения объема мирового электронного денежного оборота. Имеющиеся в мировой финансовой практике случаи сбоев систем электронных платежей приводили к весьма существенным финансовым последствиям[73].

1 Основные характеристики модели

1.1 Основные метрики графа, используемые в модели

В Финансовом университете при Правительстве РФ с помощью графовой аналитики проводились исследования [3] экономической безопасности системы электронных платежей для платежной системы стран - участниц ЕАЭС. Наибольшую эффективность для построения ранговых распределений и итоговой количественной оценки уровня экономической безопасности показали метрики центральности графа.

Метриками центральности (centrality measures) вершин (узлов) графа, или его геометрическими метриками, называются метрики, агрегирующие информацию о взаимном расположении связей и вершин графа. Понятие центральности определяет степень «важности» или «влияния» определенного узла (или кластера узлов) внутри графа. Аппарат построения таких метрик активно развивается в последние десятилетия для анализа социальных графов (Social Network Analyses, SNA). Числовые значения этих метрик дают много полезной информации для обнаружения связных сообществ; такая методология разработана и широко применяется на практике, например, для анализа возможной террористической активности в сети Интернет [4].

После проведения моделирования для построения итоговой интегральной оценки уровня экономической безопасности были выбраны следующие метрики центральности:

1. Центральности по степени, или усредненная степень вершины D_i (degree centrality), которая определяется по матрице связности $\left[a_{ij} \right]$ графа G. Вершина с высоким значением этого параметра имеет высокую степень активности и информационного влияния в своей окрестности.

2. Центральность по посредничеству, или степень промежуточности B_i (betweennes centrality), рассчитывается по количеству кратчайших путей между узлами. Узлы с высоким значением этого показателя определяют распространение информации между двумя или более плотно связанными подмножествами графа, удаление таких узлов может оказать негативное воздействие на функционирование всей системы связей.

3. Центральность по близости, или степень близости C_i (closeness centrality, иногда используется термин information centrality, информационная центральность), вычисляется как величина, обратная нормированному расстоянию между узлами. Через узлы с малым показателем этого параметра можно быстрее достичь требуемых вершин графа.

4. Центральность собственного вектора, или метрика собственного вектора x_i (eigenvector centrality), вычисляется через собственное значение вектора как мера связи узла с его соседями. Эта метрика определяет, насколько тесно конкретный узел с номером i связан с другими хорошо связанными узлами.

5. Метрика, или ранг, индекса $PR(i)$ (PageRank) дает возможность сравнивать относительную важность узлов (понятие первоначально вводилось для анализа гиперссылок Web – страниц) в графе,

---

[73] *Остановка на 10 часов системы электронных платежей CHAPS Банка Англии 20 октября 2014 года вывела из оборота 600 миллионов фунтов стерлингов и остановила проведение многих сделок (A. White. House sales worth £600m lost in the ether when payments system crashed https://www.telegraph.co.uk/finance/bank-of-england/11175018/UK-bank-payment-system-goes-offline.html)*

вычисляется рекуррентным образом, на основе количества связей конкретного узла графа с его соседями.

1.2 Методы построения графа системы электронных платежей

Вершинами в рассматриваемой графовой модели являлись участники электронного денежного оборота, ребра отображали связи между ними (все между двумя вершинами связи в модели отображались одним ребром). На данном этапе исследования рассматривались графы, не включающие в себя системы электронных платежей для физических лиц, поскольку нарушение системы связей такого рода не несет угрозы функционированию системы электронного денежного оборота в целом.

Моделирование включало в себя использование сравнительно небольших выборок организаций – участников оборота электронных денежных средств, поскольку было установлено, что при числе вершин графа более 300 граф становится насыщенным и его усредненные характеристики перестают меняться при увеличении числа вершин.

Граф модели строится на основе набора перечней вершин и ребер (эти перечни содержат информацию обо всех требуемых атрибутах). Для построения и анализа графа в модели используется свободно распространяемый программный пакет Gephi. Встроенные в этот пакет программы и алгоритмы позволяют находить числовые значения перечисленных выше метрик графа, визуализировать различные фрагменты графа; кроме того, этот пакет дает возможность проводить поиск сообществ внутри полученного графа с помощью известных алгоритмов поиска сообществ.

1.3 Выведение из оборота отдельных участников платежной системы. Краш – тесты

Отработка методики количественной и качественной оценки уровня надежности и устойчивости системы электронных платежей проводилась при помощи краш-тестов, то есть имитации нарушения работы центральных и периферийных узлов графа. При моделировании прослеживалась динамика изменения метрик графа при его разрушении (имитация хакерских атак, технических сбоев), влияющих на функционирование сети в целом, и определялся критический уровень разрушения, при котором система престает эффективно функционировать.

Более простой вариант методологии изучения функционирования сети при нарушении работы одного или нескольких узлов ранее применялся для изучения распространения кризисных явлений (кризис 2008 года, [5]) в сетях, соединяющих экономических агентов, но рассматривалась лишь одна метрика центральности по близости, closeness centrality.

2 Методика ранжирования и оценки устойчивости системы.

Для построения качественной и количественной оценок устойчивости и надежности системы на основе метрик центральности графа была отработана на краш-тестах следующая процедура построения ранговых распределений и интегральной оценки:

1. диапазон значений каждой описанной выше метрики графа, рассчитанной программой Gephi, разбивается на четыре квартиля стандартным образом;
2. для метрик центральности D_i, B_i, x_i и $PR(i)$:

а) вершинам с номером i графа, значения метрик которых попадают в верхний квартиль, присваивается наивысший уровень важности, их ранг равен 3;

б) вершинам с номером i графа, попадающим в интерквартильный диапазон (центральную часть распределения между первым и третьим квартилем) присваивается средний уровень важности, их ранг равен 2;

в) вершинам, попавшим в первый квартиль, присваивается низший уровень важности, их ранг равен 1.

3. для метрики центральности C_i ранговое распределение строится обратным образом:

а) наивысший уровень важности с рангом 3 присваивается вершинам, значение метрики которых попадет в нижний квартиль,

б) средний уровень с рангом 2 присваивается вершинам со значением метрики в интерквартильном диапазоне;

в) низший уровень важности с рангом 1 присваивается узлам со значением метрики в верхнем квартиле.

На основе описанного в пунктах 2 и 3 алгоритма построения ранговых распределений (ранжирования) строится итоговая количественная метрика ранга важности узла (вершины) с номером i по пяти метрикам центральности графа как

$$rang(i) = rang_{D_i}(i) + rang_{B_i}(i) + rang_{C_i}(i) + rang_{x_i}(i) + rang_{PR(i)}(i)$$

Такие вычисления проводятся для всех вершин графа.

Проводится сортировка по убыванию полученных рангов всех узлов (вершин) графа, диапазоном изменения рангов является промежуток от 5 до 15; это позволяет классифицировать вершины графа по уровню важности для бесперебойного функционирования системы оборота электронных денег.

а) Вершины в верхней части ранжированного перечня важности с высокими значениями метрики ранга важности 15, 14 и 13 оказывают наибольшее влияние на безопасность функционирования всей системы, сбои в этих узлах с высокой вероятностью приведут к нарушению функционирования платежной системы в целом; они определяют «красную зону»

б) Вершины в средней части ранжированного перечня важности с промежуточными значениями метрики ранга 12, 11, 10, 9, 8 попадают по степени влияния на безопасность в «желтую зону»

Вершины с низшими значениями метрики ранга 7, 6 и 5 обладают минимальным влиянием на безопасность функционирования системы, их относим к «зеленой зоне»

Если система моделируется единым графом, то дальнейший вывод об оценке уровня экономической безопасности строится с помощью следующей Матрицы уровней устойчивости (экономической безопасности)

Таблица 1

	Менее 25% вершин в красной зоне	**От 25% до 50% вершин в красной зоне**	**Более 50% вершин в красной з**
Менее 50% вершин в желтой зоне	Благоприятный уровень	Пограничный уровень	Недопустимый уровень
Более 50% вершин в желтой зоне	Пограничный уровень	Недопустимый уровень	

Если же система моделируется несколькими графами для различных своих фрагментов, тогда для каждого фрагмента подсчитывается число вершин в «красной», «желтой» и «зеленой» зонах. После этого строится усредненная оценка процентных соотношений числа вершин в каждой зоне с весовыми коэффициентами, определяемыми долей количества узлов каждого фрагмента по отношению ко всей системе в целом. Вывод о приемлемости уровня экономической безопасности делается на основе матрицы уровней экономической безопасности

3 Основные результаты

Впервые разработана методика построения интегральной оценки устойчивости и экономической безопасности систем электронных платежей. Совокупное применение основных метрик центральности и построение интегральной оценки сети аналогичного типа авторам не известно, так же, как и методики определения критического уровня разрушения на краш-тестах с помощью разработанной матрицы экономической безопасности

Литература

1. С. Голицын. Использование графовой аналитики и транзакционных данных для обнаружения скрытых зависимостей на примере банковских заемщиков. Выступление на конференции Scoring Days 2018 18 апреля 2018 года. https://drive.google.com/drive/folders/1RAz3FQx96qkenEnd7ne3GFn1s4mThsgu, дата обращения 12.05.2018

2. Ю. Жидков, В. Кулик Применение графового анализа в кредитовании МСП. Банковское кредитование. №3, 2018, http://futurebanking.ru/reglamentbank/article/5085 , дата обращения 26.08.2018

3. Пыркина О.Е. Анализ системы оборота электронных денег с применением графовой аналитики: вопросы экономической безопасности. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): материалы Одиннадцатой международной конференции, 1-3 окт. 2018 г., Москва: в 2-х т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ ред. акад. РАН С. Н. Васильева, д.т.н. А.Д. Цвиркуна. – Т.1: Пленарные доклады, секции 1-7. — М.: ИПУ РАН, 2018, -498с., с. 424-428

4. *Басараб М.А., Иванов И.П., Колесников А.В., Матвеев В.А.* Обнаружение противоправной деятельности в киберпространстве на основе анализа социальных сетей: алгоритмы, методы и средства (Обзор) Вопросы кибербезопасности №4(17) - 2016 , С. 11-19

5. *Caetanoa M.A.L, Yoneyama T.* The effects of node exclusion on the centrality measures in graph models of interacting economic agents. Physica A 430 (2015) 216–223.
6. R. Ali, N. Vause, F. Zikes. Systemic risk in derivatives markets: a pilot study using CDS data. Financial Stability Paper No. 38 – July 2016, https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/financial-stability-paper/2016/systemic-risk-in-derivatives-markets-a-pilot-study-using-cds-data, дата обращения 05.10.2018

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РОЗНИЧНОГО КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПАРНЫХ КОПУЛ

Ратников А.А., Щетинин Е.Ю.
Финансовый университет при правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский пр-т, д.53/1
aa_ratnikov@mail.ru, riviera-molto@mail.ru

В настоящее время банки активно развиваются в сфере розничного кредитования. Характерной особенностью розничных продуктов является необходимость использования продвинутого математического аппарата на всех стадиях процесса: от генерации лидов и выдачи кредита, до последующего мониторинга выданных кредитов. Процесс мониторинг пула выданных банком кредитов принято называть управлением кредитного портфеля. Одной из ключевых задач в управлении кредитным портфелем является оценка риска дефолта заёмщиков, то есть оценка вероятности того, что клиент на одном из платежей выйдет на просрочку. От адекватности и актуальности оценки риска напрямую зависит эффективность кредитной политики банка.

Ключевые слова: вьющиеся копулы, оценка риска,

Введение

Сложность задачи прогнозирования кредитного портфеля заключается в том, что на вероятность дефолта влияют множество зависящих друг от друга параметров заёмщика и предлагаемого кредитного продукта. Пренебрежение взаимосвязями параметров может привести к сильному искажению оценок риска дефолта, а учёт взаимосвязей порождает сложную многомерную структуру данных.

В данной работе рассматривается подход оценки кредитного портфеля на основе аппарата вьющихся копул (vine copulas). Такой подход позволяет свести задачу к совокупности парных копул, для которых задача поиска закона распределения и оценки параметров становится значительно проще. Основные вычисления проводятся на языке R с использованием пакетов CDVine и VineCopula.

В последние несколько лет в научной литературе наблюдается увлечение конструкциями из копул при исследовании эффектов, в основе которых лежат случайные величины. Данную тенденцию можно объяснить общим увеличением доступных для анализа данных и усложнением основанных на них математических моделей. Становится очевидным, что в прикладных задачах данные часто имеют сложные внутренние нелинейные зависимости, пренебрежение которыми может привести к серьезным ошибкам в оценках и расчетах.

Математические конструкции, основанные на копулах позволяют частично решить проблемы, связанными с зависимостью переменных. В частности, метод вьющихся копул позволяет разбить сложную многомерную структуру на иерархический набор парных копул, удобных для последующих анализа и оценки.

В рамках данной работы будет рассмотрен общий подход к построению и оценки парных и вьющихся D-копул с помощью пакета CDVine и VineCopula. В качестве примера использования конструкций из парных копул будет продемонстрирован подход к задаче оценки риска дефолтности портфеля розничных кредитов.

1 Конструкции из парных копул

Пусть $\boldsymbol{X} = (X_1, \dots, X_d)$ d-мерный случайный вектор с совместной функцией распределения $F = F(x_1, \dots, x_d)$ и с одномерными маргинальными функциями распределения $F_1 = F_1(x_1), \dots, F_d = F_d(x_d)$. Копулой будем называть функцию, которая позволяет представить совместное распределение в терминах мартингалов и структуры их зависимости. Теорема Шкляра утверждает, что копула, связанная с F является d-мерной функцией распределения $C: [0,1]^d \to [0,1]$, удовлетворяющая равенству:

(1) $$F(x_1, \dots, x_d) = C(F_1(x_1), \dots, F_d(x_d); \boldsymbol{\beta})$$

где $\boldsymbol{\beta}$ является векторным параметром зависимостей между мартингалами. Для удобства записи в дальнейшем обычно будем скрывать данный параметр.

Определим плотность копулы, как:

(2) $$c(F_1, \dots, F_d) = \frac{\delta C(F_1,\dots,F_d)}{\delta F1,\dots,F_d}$$

Для абсолютно непрерывной, строго возрастающей F можно получить уравнения совместной функции плотности вероятности f вида:

(3) $$f(x_1, \dots, x_d) = c_{1\dots d}\big(F_1(x_1), \dots, F_d(x_d)\big) \cdot \prod_{k=1}^{d} f_k(x_k),$$

где $c_{1\dots d}(\cdot)$ однозначно определённая плотность d-мерной копулы $C_{1\dots d}$.

Рассмотрим в качестве примера гауссову копулу. В общем виде для d-мерного случайного вектора $\boldsymbol{X}$ она может быть записана как:

(4) $$C_X = \Phi_X\big(\Phi^{-1}(x_1), \dots, \Phi^{-1}(x_d)\big),$$

где Φ^{-1} – обратная функция распределения нормального закона, а Φ_X совместная функция распределения нормального закона с нулевым математическим ожиданием и корреляционной матрицей R

Матрица R в данном случае выступает в качестве многомерного параметра, отражающего связь мартингалов. Обычно для упрощения процедуры оценки параметров корреляционную матрицу R сводят к единственному параметру ρ такому что:

(5) $$R = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \rho \\ \vdots & \ddots & \rho \\ \rho & \rho & 1 \end{pmatrix}$$

Параметр ρ в гауссовой копуле отражает степень зависимости между мартингалами.

Отметим, что на практике использование копул высокой размерности для оценки и моделирования некоторого случайного вектора нецелесообразно из-за проблемы «проклятия размерности» и общей сложности и многопараметричности функции $C_{1\dots d}(\cdot)$.

При соблюдении условий регулярности d-мерная функция распределения f может быть итерационно выражена через парные копулы, на основе общей формулы условной функции распределения:

(6) $$f(x_k|\boldsymbol{\nu}) = c_{x_k,\nu_j|\boldsymbol{\nu}_{-j}}\Big(F\big(x_k|\boldsymbol{\nu}_{-j}\big), F\big(\nu_k|\boldsymbol{\nu}_{-j}\big)\Big) \cdot f(x_k|\boldsymbol{\nu}_{-j}),$$

где $\nu = \boldsymbol{x}_k$ есть вектор размерности d-1, не включающий в себя некоторую компоненту x_k, а $\boldsymbol{\nu}_{-j}$ – соответственно вектор ν, не включающий в себя компоненту ν_j.

Очевидно, что итерационный процесс, отраженный в данной формуле, может привести к различным вариантам разложения f на множества условных парных копул.

Разложение многомерной копулы на множество парных копул называется ветвлением. Для визуализации ветвления используется граф, вершины которого соответсвуют одномерным случайным величинам, а рёбра -- параметрам связи между ними. Таким образом любые две вершины, связанные ребром, интерпретируются как одна парная копула. Обычно в литературе выделяют три типа ветвления: R, C, D. В рамках данной работы подробно рассмотрим D-ветвление.

Общую формулу плотности вероятности для D-ветвление можно записать как:

(7) $$f(x_k;\phi) = \prod_{k=1}^{d} f_k(x_k) \times \prod_{i=1}^{d-1}\prod_{j=1}^{d-i} c_{j,j+i|(j+1):(j+i-1)}\ \Big(F\big(x_j|x_{j+1},\dots,x_{j+i-1}\big), F\big(x_{j+i}|x_{j+1},\dots,x_{j+i-1}\big)\Big)$$

В качестве примера можно получить разложение для трёхмерного случайного вектора $\boldsymbol{X}$:

(8) $$f(x_{18}, x_2, x_3; \boldsymbol{\phi}) = \prod_{k=1}^{3} f_k(x_k) \times c_{12}\big(F_1(x_1), F_2(x_2)\big)\, c_{23}\big(F_2(x_2), F_3(x_3)\big) c_{13|2}\big(F(x_1|x_2), F(x_3|x_2)\big),$$

где $\boldsymbol{\phi} = \big(\boldsymbol{\beta}_{12}, \boldsymbol{\beta}_{23}, \boldsymbol{\beta}_{13|2}\big)$.

2 Моделирование и оценка D-вьющихся копул

Для демонстрации использования аппарата вьющихся копул проведём численный эксперимент. С помощью функции CDVineSim() пакета CDVine, реализованном на языке R, выполним симуляцию трёхмерной D-вьющийся копулы с параметрами: C_{12} – Гауссова копула, C_{23} – Гауссова копула, $C_{13|2}$ – копула Клайтона, $\theta_{12} = 0.2,\ \theta_{23} = 0.3, \theta_{13|2} = 1.$

Корреляционная матрица полученных данных имеет вид:

$$R(x,y,z) = \begin{pmatrix} 1 & 0.197 & 0.814 \\ 0.197 & 1 & -0.02 \\ 0.814 & -0.02 & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Решим задачу восстановления распределения на основе данных, полученных в результате симуляции. Данную задачу будем решать в два шага: определим законы распределения на основе информационного критерия Акаике (AIC); уточним значение параметров копул с помощью метода максимального правдоподобия.

Указанные шаги выполняются при помощи функций CDVineCopSelect(selectioncrit = "AIC") и CDVineMLE().

В результате первого шага были корректно определены виды копул (две Гауссовы копулы и копула Клайтона), а также получены предварительные оценки параметров: (0.248, 0.31, 1.03).

В ходе второго шага оценки параметров были скорректированы: (0.24, 0.28, 1.04).

Отметим, что полученные оценки близки к изначально заданным параметрам.

Наделим данные прикладным смыслом. Для этого переопределим одну из трех переменных как функцию-индикатор по формуле:

$$Z' = \begin{cases} 0, \ if\ z < 0.5 \\ 1, \ if\ z \geq 0.5 \end{cases} \quad (10)$$

Новая выборка будет иметь смысл некоторого кредитного розничного портфеля, где каждая точка соответствует одному выданному кредиту. Случайные величины X, Y определяют некоторые нормированные характеристики клиента или кредита (займа), например сумму кредита (займа), скоринговый бал, долговую нагрузку и т.д. Величина Z' говорит о факте выхода клиента в дефолт.

Для того, чтобы определить уровень дефолтности в пространстве признаков клиента/кредита (займа), то есть вероятности того, что клиент с таким набором признаком уйдет в просрочку, для каждой точки рассчитывается среднее значение величин z' для k ближайших соседей в пространстве признаков. Расстояние будем определять, как евклидово.

Полученную выборку можно оценить как (n+1) мерную D-ветвящуюся копулу, где n - число исследуемых параметров.

На основе определенных видов парных копул и их оцененных параметров генерируем новую выборку с помощью функции CDVineSim().

Предложенный подход позволяет оценивать распределение вероятности дефолта на любых срезах признаков, обходя проблему «проклятия размерности». Полученные в результате симуляции данные могут быть использованы для выявления возникающих позитивных и негативных трендов в портфеле, а также для ретро-тестирования внедряемых изменений в риск-политике банка.

Заключение

В работе был подробно рассмотрен аппарат конструкций из парных копул, в частности D-вьющиеся копулы, для задачи оценки многомерных случайных величин. В практической части работы была продемонстрирована генерация, оценка и симуляция на основе полученной оценки трехмерной D-вьющейся копулы с помощью пакета CDVine в R. Также был предложен и продемонстрирован подход для оценки уровня дефолтности кредитного портфеля. Предложенный подход имеет потенциал в задах оценки кредитного риска, ретро-тестирования внедряемых изменений в риск-политике банка, а также выявлении позитивных и негативных трендов в изменении уровня риска и входящего клиентского потока.

Литература

1. *Sklar, A.,* 1959. Fonctions de r´epartition `a n dimensions et leurs marges.Publications de l'Institut de Statistique de l'Universit´e de Paris 8, 229–231
2. *Kim D. et al.* Mixture of D-vine copulas for modeling dependence //ComputationalStatistics Data Analysis. – 2013. – Т. 64. – С. 1-19.
3. *Shchetinin E.Yu.,* В сборнике: Extreme copulas modeling with maxstablespatial processes, Распределенные компьютерные и телекоммуникационные се-ти: управление, вычисление, связь (DCCN-2017) Материалы Двадцатой международной научной конференции. под общ. ред. В.М. Вишневского. 2017. С.495-502.

4. *Shchetinin E.Yu., Martynova V.M.,* Precipitation maximum spatial dependencestructures modeling, Всборнике: CEUR Workshop Proceedings 7. Сер. "SelectedPapers from the Proceedings of the 7th International Conference "Informationand Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-TechSystems ITTMM 2017"2017. С. 72-77.
5. *Коновалов К.А., Щетинин Е.Ю.,* Иерархические типы структур статистиче-ских зависимостей, Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика, 2009, 3, С. 68-71.
6. *Акимов В.А., Быков А.А., Щетинин Е.Ю.,* ВВЕДЕНИЕ В СТАТИСТИКУ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ. МЧС России; Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданскойобороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. Москва, 2009.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ

Романова Е.В.

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Россия, г. Москва, Ленинградский просп., д.49

ekvromanova@fa.ru

Аннотация: В данной работе пойдет речь о чат-ботах – программах, имитирующих речевое поведение человека, при общении с собеседниками. Какими функциями они обладают, какие задачи способны решать. Рассмотрены результаты применения чат-ботов в банковской среде на данный момент и возможные перспективы их использования в будущем.

Ключевые слова: чат-бот, искусственный интеллект, машинное обучение, автоматизированная обработка данных, виртуальный ассистент.

Введение

В настоящее время можно заметить, как чат-боты активно входят в нашу жизнь. Теперь они используются не только для решения однообразных и рутинных задач, таких как сбор данных, но также для аналитики и поддержки пользователя или клиента, что естественным образом привело к значительному прогрессу в разработках: важно, чтобы поведения бота было максимально приближено к человеческому.[1]

Необходимость чат-ботов наиболее очевидна в областях, где есть коммуникация, хорошим примером являются финансово-кредитные организации. К 2020 году более 80% банков и предприятий будут осуществлять свое взаимодействие с клиентами с помощью чат-ботов [2]. На данный момент собственные чат-боты имею «Сбербанк», ВТБ, «Альфабанк» и д.р

1 Что такое чат-боты?

Чат-боты – программы, имитирующие реальный разговор с человеком. Сама идея таких программ далеко не нова, чат-боты существуют более полувека. Самый первый был создан в 1966г., виртуальный собеседник – Eliza, пародирующий речь психотерапевта. Eliza использовала технику активного слушания: с помощью выделения в речи пациента ключевых слов, перефразировала сказанное ей предложение, если ключевых слов найти не могла, говорила «Понятно» и меняла тему разговора. Первые виртуальные помощники-собеседники подобные Eliza были достаточно примитивны и подчинялись простейшим алгоритмам, которые основаны на шаблонах общения.

Со временем боты значительно эволюционировали: современные чат-боты используют машинное обучение для определения модели общения. Постоянно взаимодействуя с людьми, они учатся подражать реальным разговорам, реагируют на устные или письменные запросы, помогая найти ответы. В следствии того, что чат-боты используют искусственный интеллект, они по сути понимают язык, а не просто команды. Таким образом, чем чаще происходит общение бота с человеком, тем умнее становится программа. Стоит отметить, что чат-боты, работающие на основе запрограммированных сценариев с множественным выбором, используются до сих пор, в том случае если эти достаточно простые возможности соответствуют задачам и целям бота, например, для оформления заявки, выбора оптимального маршрута или заказа билета на самолет.

Резкий всплеск интереса к виртуальным помощникам спустя почти пятьдесят лет после создания первого обусловлен, тем что все больше и больше людей используют приложения для обмена сообщениями: в 2015 году впервые количество активных пользователей в мессенджерах превзошло количество активных пользователей в социальных сетях.

Из доклада Humanity in the Machine[3] можно сделать вывод, что многие люди, готовы к тому, что бизнес будет предоставлять услуги с помощью чат-ботов. Людей привлекает в первую очередь

значительная экономия времени, увеличение эффективности поиска и приобретения товаров, услуг и психологически комфортная форма общения с компьютером.

Для предпринимателей чат-боты – это, во-первых, экономия на штате, во-вторых они позволяют избежать пресловутый человеческий фактор: боты вежливы, ничего не забывают, у них куда меньше шансов ошибиться, не туда посмотреть или не то записать, в-третьих они являются хорошим инструментом информационного развития клиентской базы, изучения спроса, формирования ассортимента, продвижения торговой марки, ускорения и упрощения рутинных операций и другого.

Согласно исследованию, State of Chatbots 2018 года[4], основными преимуществами чат-ботов являются следующие качества: обеспечение круглосуточного сервисного обслуживания и больший охват клиентов, чем при использовании приложений.

2 Основные функции чат-ботов

Современные чат-боты обладают широким функционалом, к самым востребованным и популярным функция можно отнести следующие:

- Осуществление умного поиска, на заданный вопрос чат-бот дает наиболее релевантный ответ;
- Мониторинг курсов валют, рынка акций и котировки нефти;
- Отслеживание новостей на выбранных сайтах;
- Предоставление быстрого доступа к досугу;
- Организация деятельности: друзья, коллеги, знакомые могут добавлять напоминания в календарь, бронировать встречи и другое;
- Напоминания;
- Локация: информирование о текущем положении тех, кому это нужно;
- Создание собственных баз знаний, чат бот может хранить знания обо всем, что нужно и выдавать необходимую информацию, по ключевым словам, к примеру.

3 Отрасли, в которых использование чат-ботов наиболее выгодно

Наибольшие перспективы у чат-ботов в финансовом секторе: банки внедряют такие решения пытаясь сократить использование колл-центров и, соответственно, снизить свои расходы. Но кроме этого, спрос на чат-ботов будет расти и в ритейле. Цифровые помощники облегчают навигацию по каталогам и предлагают пользователям необходимые продукты. Растет число ритейлеров, которые запускают чат-ботов в мессенджерах, чтобы помогать клиентам решать вопросы и открывать доступ к большему числу функций. Чат-боты находят применение во всевозможных отраслях, так к примеру, согласно исследованиям 52% телекоммуникационные компании в мире используют чат-ботов для улучшения обслуживания клиентов.

Как и в обслуживании клиентов, у чат-ботов есть большие перспективы в предоставлении услуг сотрудникам компаний, во всех отделах. Особенно хочется выделить сферу управления персоналом. Отделы HR сегодня тратят очень много времени, отвечая на стандартные вопросы сотрудников и примерно 60-70% из них могут быть автоматизированы с помощью чат-ботов. Использование чат-ботов в HR процессах даст возможность мгновенно отвечать на стандартизированные вопросы и отправлять сотрудника по более сложным вопросам на вторую линию поддержки, что освободит больше времени для работы над более стратегическими инициативами.

4 Чат-боты в банковской сфере: примеры, результаты, перспективы

В банковской сфере современные чат-боты применяются для информирования клиентов об особенностях продуктов и сервисов, предоставления контактных данных при необходимости, проведения различных платежных операций, финансового консультирования клиентов. Они могут показывать курсы и обменивать валюту, осуществлять учёт личных финансов, переводить средства с карты на карту, отправлять заявки на торговый и интернет эквайринг и проверять контрагента по ИНН/ОГРН(ИП), а также отвечать на вопросы пользователей.

2018 год в России ознаменовался бурным ростом рынка чат-ботов, поддерживающих технологию NLU (natural language understanding) по сравнению с 2017 годом он вырос в 2,2 раза и достиг 524 миллионов рублей, и, по предварительным прогнозам, по итогу 2023 года его объем достигнет 33 миллиардов рублей. Способствуют такой взрывной динамике роста рынка, во-первых, публикации первых успешных проектов, а во-вторых массовое появление потребительской техники, поддерживающей NLU. Так же вырастет спрос на системы с NLU в госсекторе и других отраслях, а к 2021 году основное большинство интернет-сервисов будут использовать «разговаривающего» чат-бота. [5]

Одними из первых проявили интерес к чат-ботам с NLU банки, финансовые и страховые компании. Многие из них уже внедрили речевые технологии для общения с клиентами. Еще в 2016

году Герман Греф отмечал, что около 80% операций в банке может совершаться без участия людей, то есть с помощью искусственного интеллекта и в таком случае процессы будут проходить «значительно более качественно». На данный момент по словам главы Сбербанка нет ни одной сферы деятельности внутри компании, в которой бы банк не пытался использовать искусственный интеллект.

Литература

1. *Тугушева Н.А*. Использование чат-ботов в различных сферах повседневной жизни // Молодой ученый. – 2017. №21. – С. 36-39. – URL https://moluch.ru/archive/155/43920/ (дата обращения: 14.08.2019).
2. *Осадчук П.О*. Чат-боты для автоматизации внутренних коммуникаций // Молодой ученый. – 2018. - №27. – С.12-16. – URL https://moluch.ru/archive/213/51919/ (дата обращения: 14.08.2019).
3. https://www.mindshareworld.com/sites/default/files/MINDSHARE_HUDDLE_HUMANITY_MACHINE_2016_0.pdf
4. https://www.drift.com/wp-content/uploads/2018/01/2018-state-of-chatbots-report.pdf
5. http://www.tadviser.ru/index.php/Компания:Just AI#2018

КЛАССЫ КРИТЕРИЕВ РИСКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНУЮ ГРАНИЦУ МНОЖЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ

Саркисов В.Г.

Самарский государственный технический университет,
Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д.244
vigen.sarkisov@mail.ru

Аннотация: Анализируется эффективная граница в задаче Марковица. В качестве критерия риска рассматривается дисперсия и несколько альтернативных показателей. Показано, что существуют классы критериев риска, порождающих одинаковые эффективные границы на множестве портфелей.

Ключевые слова: группы критериев, риск, доходность, инвестиционный портфель, инвариантность.

Классическая постановка задачи Марковица и направления её модификации

Классическая постановка задачи Марковица [1] предполагает двухкритериальную оптимизацию структуры инвестиционного портфеля $x = (x_1,..,x_N)$, где N – количество активов на рассматриваемом рынке, x_n – доля n-го актива в инвестиционном портфеле x. Требуется минимизировать значение критерия риска $V(x)$ и максимизировать значение критерия доходности $E(x)$. В классической постановке в качестве критерия доходности выбрано математическое ожидание доходности, а в качестве критерия риска – дисперсия доходности. Важным в классической постановке является предположение о нормальном распределении доходностей всех активов.

Структура портфеля удовлетворяет следующим естественным ограничениям: $\sum_{n=1}^{N} x_n = 1$ и $x_n \geq 0,\ n = 1..N$, то есть, запрещены кредитование и короткие продажи. В общем случае эти ограничения можно заменить произвольным набором ограничений вида равенств и неравенств: $\Phi_k(x) = 0,\ k = 1..K$, $\Psi_m(x) \geq 0,\ m = 1..M$, где $\Phi_k(x)$ и $\Psi_m(x)$ – линейные функции, а K и M – количество ограничений соответствующего вида.

Критика классической постановки задачи Марковица часто связана с недостаточной обоснованностью выбора дисперсии в качестве критерия риска. Многие практикующие инвесторы не ассоциируют риск с возможностью получения неожиданно высокого дохода, что породило множество модификаций формулы расчета дисперсии, в том числе, включение в формулу только значений доходности ниже её математического ожидания (полудисперсия) или только значений ниже доходности некоторого альтернативного портфеля (например, безрискового) [2, стр.20]. С одной стороны, это делает показатель риска более адекватно отражающим интуитивное восприятие риска инвесторами, а с другой – усложняет процедуру решения задачи оптимизации портфеля. Также большую популярность приобрели квантильные критерии риска. В простейшем случае в качестве критерия риска используется квантиль доходности порядка меньше 0,5 (обычно 0,1-0,3). Такой критерий описывает инвестору риск в наиболее доступной для понимания форме: "С вероятностью … убыток не превысит …". Применяются и более сложные квантильные критерии, агрегирующие сразу несколько (в том числе, бесконечно много) квантилей разных порядков [3].

Еще одно направление модификации постановки задачи Марковица связано с необходимостью более точного учета свойств доходности, которая далеко не для всех активов имеет нормальное распределение. На рис.1 приведены статистические функции распределения однодневных доходностей акций российского фондового рынка (за 2017 год).

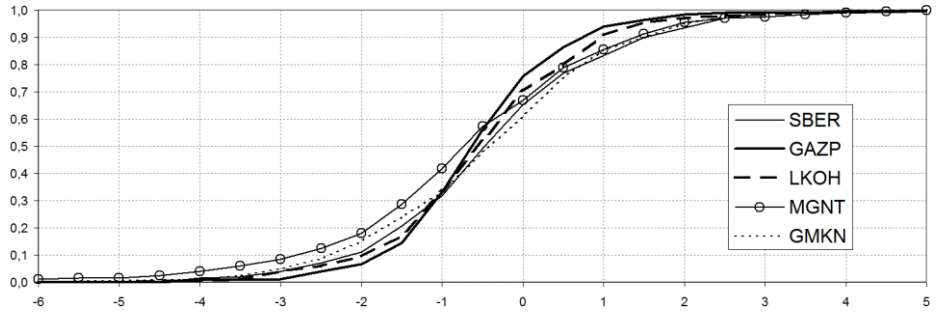


Рис. 1. Распределение однодневных доходностей акций

Доходность всех рассмотренных акций имеет нормальное распределение. Оно характерно и для других акций, облигаций, фондовых индексов и хорошо диверсифицированных портфелей на небольших сроках инвестирования. При значительном увеличении сроков распределение может становиться существенно асимметричным, в большинстве случаев коэффициент асимметрии положителен. Асимметричные распределения доходностей активов могут формироваться и из-за особенностей самого актива. Типичным примером активов с асимметричным распределением доходности являются опционы. Например, длинная позиция по европейскому call-опциону имеет дискретно-непрерывное распределение доходности (функция распределения схематично представлена на рис.2):

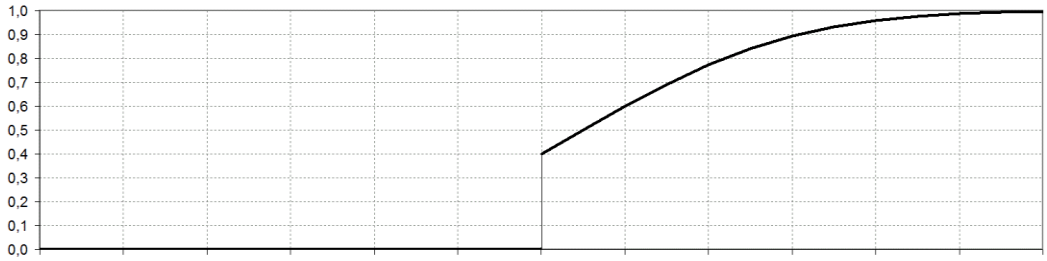


Рис. 2. Функция распределения доходности опциона (схематично)

Асимметричные дискретно-непрерывные распределения доходностей характерны также для многих опционных схем и структурных продуктов, предлагаемых клиентам инвестиционными компаниями.

Взаимозависимость критериев и эффективная граница

В качестве способа нахождения эффективной границы множества портфелей будем рассматривать многократное решение задачи однокритериальной минимизации критерия риска при различных значениях критерия доходности.

Рассмотрим частный случай, когда доходности всех активов имеют нормальное распределение. Доходность портфеля является линейной комбинацией доходностей активов и, следовательно, также распределена нормально. Так как критерий доходности (математическое ожидание доходности) при решении задачи однокритериальной оптимизации фиксируется, функция распределения доходности однозначно определяется значением дисперсии. В силу симметрии распределения, полудисперсия в точности совпадает с дисперсией. Модификации дисперсии, в которых учитываются только значения ниже некоторого порога, связаны с дисперсией строго возрастающей функциональной зависимостью (рис.3). Квантили (порядка <0,5) связаны с СКО убывающей линейной зависимостью, а с дисперсией – квадратичной. Любая линейная комбинация квантилей (с неотрицательными коэффициентами) связана с дисперсией аналогичной зависимостью.

Существование строго возрастающей (или строго убывающей) функциональной зависимости между критериями риска приводит к тому, что оптимальная структура портфеля не зависит от выбранного критерия риска. Таким образом, в случае нормально распределенных доходностей активов замена любого из перечисленных выше критериев риска дисперсией доходности не повлияет

на структуру оптимального портфеля. Из этого следует, что множество портфелей будет иметь общую эффективную границу для всех перечисленных критериев.

Случай, когда все доходности портфелей являются случайными величинами, распределенными симметрично и одинаково с точностью до линейного преобразования, представляет собой обобщение предыдущего случая. Можно показать, что при равенстве математических ожиданий доходностей портфелей сохраняются все рассмотренные выше соотношения между значениями критериев риска. Следовательно, все рассмотренные критерии риска будут порождать одну и ту же эффективную границу на множестве портфелей.

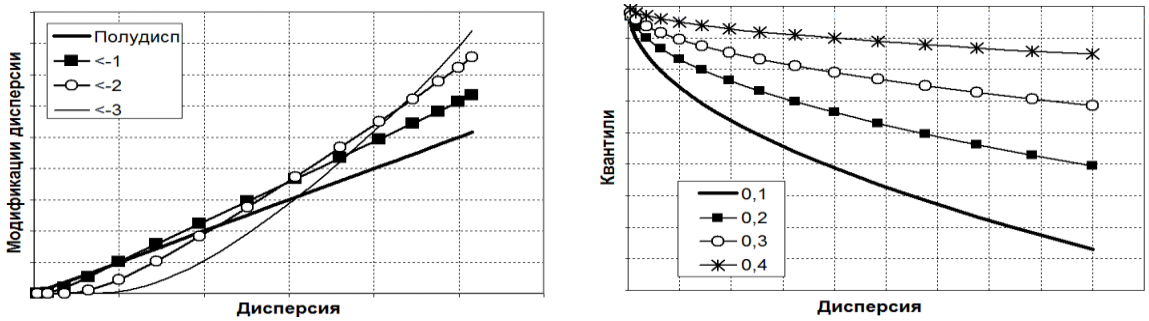


Рис. 3. Зависимость значений альтернативных критериев риска от дисперсии (схематично)

Дальнейшим обобщением является отказ от требования симметрии распределения, то есть, случай, когда *все доходности портфелей распределены одинаково с точностью до* ***линейного*** *преобразования.* Все квантили, имеющие значения меньше математического ожидания, связаны с дисперсией строго убывающей функциональной зависимостью, а все рассмотренные ранее модификации дисперсии – строго возрастающей. При их использовании эффективная граница совпадает с границей, полученной при использовании дисперсии. Квантили со значениями больше математического ожидания связаны с дисперсией уже не убывающей, а возрастающей зависимостью. То есть, возрастание риска при оценке по дисперсии будет приводить к снижению риска при оценке по таким квантилям, что существенно повлияет на структуру портфелей эффективной границы. При симметричном распределении это справедливо только при оценке по квантилям порядка больше 0,5, которые обычно не используются при оценке риска. Асимметрия распределения (отрицательный коэффициент асимметрии, длинный левый хвост распределения) может привести к тому, что некоторые из квантилей с порядком ниже 0,5 будут иметь значения выше математического ожидания.

Последующие обобщения связаны с рассмотрением доходностей портфелей, распределенных одинаково с точностью до выпуклого монотонного преобразования, до невыпуклого монотонного преобразования.

Литература

1. *Markowitz H.* Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. – New York: Wiley, 2nd ed. Cambridge, MA: Basil Blackwell, 1991
2. *Michaud Rob.O., Michaud Rich.O.* Efficient Asset Management: A Practical Guide to Stock Portfolio Optimization and Asset Allocation. – Oxford Univercity Press, 2008, 128p.
3. *Агасандян Г.А.* Финансовая инженерия и континуальный критерий VaR на рынке опционов // Экономика и математические методы, 2005. Т. 41, №4. С. 88-98.

ФИНАНСОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАНКА РОССИИ И ПОТЕНЦИАЛ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Смирнова О.В.

Тверской филиал ФГБОУВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», Россия, г. Тверь, ул. Вагжанова, д. 7

smirnova-tgu@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрена возможность активного участия Центрального Банка РФ в создании условий для экономического роста. Приведен обзор различных направлений использования ресурсного потенциала Банка России, сформулированы их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: Банк России, финансовые результаты деятельности Центрального банка РФ, убытки центральных банков, экономический рост.

Центральные банки в современном мире, являясь в большинстве случаев, государственными институтами, выполняют общественно-значимые макроэкономические функции по проведению монетарной политики, обеспечению устойчивости национальных валют и эффективного функционирования платежных систем, в поддержании макроэкономической стабильности и др. Немаловажным является и роль центральных банков, в т.ч. Банка России в создании условий для экономического роста государств.

Для России сегодня, как никогда, стоит масштабная задача по модернизации экономики России и обеспечению экономического роста, совершению прорыва в экономике и социальной сфере.

Указом Президента РФ № 204 от 07.05.2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» в качестве одной из национальных целей развития страны определено «…вхождение РФ в число пяти крупнейших экономик мира и обеспечение темпов экономического роста выше мировых при сохранении макроэкономической стабильности…» [1].

Безусловно, достижение поставленной цели, требует комплексных усилий в области совершенствования законодательства, создания соответствующей институциональной среды, реформы контрольно-надзорной деятельности, развития цифровой экономики, роста производительности труда и многих других сферах, а также требует коренной перестройки действующего финансового механизма. Немаловажная роль в этом принадлежит и Банку России.

Как известно, в 2013 г. в ФЗ «О Центральном банке РФ (Банке России)» была введена статья 34.1, согласно которой, основная цель денежно-кредитной политики – защита и обеспечение устойчивости рубля – должна способствовать формированию условий для сбалансированного и устойчивого экономического роста [2]. Поэтому ЦБ РФ следует рассматривать как уникальный институт, потенциал которого может и должен быть использован не только на обеспечение макроэкономической и финансовой стабильности, но и для экономического развития страны.

Рассмотрим различные (а, иногда и противоположные) точки зрения по вопросу возможных направлений использования ресурсного потенциала ЦБ РФ для развития российской экономики.

1) Трансформация внешних активов ЦБ РФ во внутренние активы с одновременным расширением системы рефинансирования коммерческих банков. Это позволит: снизить валютные риски для как для ЦБ РФ, так и для коммерческих банков и корпораций; получить выигрыш в форме процентной маржи между средней ставкой по привлекаемым из-за рубежа финансовых ресурсов и доходностью от размещения международных резервов ЦБ РФ.

2) Представляется целесообразным размещение счетов крупнейших российских компаний и организаций в ЦБ РФ, а также и организацию их прямого кредитования с его стороны. Величина остатков денежных средств и денежные операции крупных компаний значительна и может исчисляться сотнями миллионов и миллиардами долларов США. Понятно, что движение столь крупных денежных капиталов, возможно осуществлять только через крупнейшие банки. В этом плане ЦБ РФ мог бы взять на себя обслуживание крупных корпоративных клиентов.

В качестве преимуществ от обслуживания крупных компаний в ЦБ РФ могут выступать: возможность со стороны ЦБ РФ более гибко и эффективно стабилизировать работу денежного и валютного рынка, так как операции крупных компаний способны дестабилизировать их функционирование; решение проблемы ликвидности средств, аккумулируемых крупными компаниями в коммерческих банках. ЦБ РФ, являясь кредитором в последней инстанции, сам может создавать платежные средства для проведения отдельных денежных операций; рост прибыли ЦБ РФ за счет осуществления обычных банковских операций. В качестве негативных последствий

размещения средств крупных компаний в ЦБ РФ является возможность снижения конкуренции в банковской сфере.

3) Активное участие ЦБ РФ в рефинансировании кредитных организаций. Банковская система должна функционировать как инструмент развития и поддержки экономического роста. Во многих странах мира используется политика расширения денежного предложения для стимулирования экономического роста, инвестиционной активности, роста занятости и т.д. Необходимо совершенствовать трансмиссионный механизм превращения сбережений в инвестиции, который должен служить инструментом финансирования инвестиций и инноваций, создавая долгосрочные кредитные ресурсы для развития экономики.

4) Переход к целеориентированной многоцелевой денежно-кредитной политике (целевое кредитование производственных предприятий, целевое финансирование одобренных государством инвестиционных проектов за счёт кредитов ЦБ РФ институтам развития). Данный механизм предполагает предоставление льготных кредитов для реального сектора экономики через специальный канал рефинансирования коммерческих банков под гарантии Правительства РФ. По мнению авторов данной концепции, указанный механизм денежно-кредитной политики будет таргетировать не только уровень инфляции, но и одновременно достижение экономического роста, уровень долгосрочных процентных ставок, объем инвестиций [3]. С подобной точкой зрения выражает свое несогласие руководство Банка России, которое видит в осуществлении кредитной целевой эмиссии риски повышения инфляции, оттока капитала и даже вред экономическому росту.

5) Перечисление части прибыли Банка России в федеральный бюджет. Согласно ст. 26 ФЗ «О Центральном банке РФ (Банке России)» по итогам года ЦБ РФ перечисляет в федеральный бюджет часть фактически полученной прибыли, остающейся после уплаты налогов и сборов, предусмотренных налоговым законодательством РФ [2]. До 2009 г. доля прибыли, перечисляемой в федеральный бюджет Банком России, составляла 50%, с 2009 г. – 75%, а с 2016 г. – 90 %. Перечисленная прибыль ЦБ РФ, согласно ст. 51 БК РФ [4], относится в состав неналоговых доходов федерального бюджета, участвуя, таким образом, в обеспечении его сбалансированности.

Далее необходимо отметить, что финансовый результат деятельности Банка России может быть получен не только в форме прибыли, но и в форме убытка. За время своей деятельности (с 1990 г.) ЦБ РФ получал убытки всего три раза: в 1998, 2017 и 2018 годах (см. табл. 1).

Таблица 1. Динамика убытков ЦБ РФ [5]

Год	**Убытки, млрд руб.**	**Основные причины**
1998	27,83	дефолт Правительства РФ по государственным ценным бумагам (ГКО)
2017	435,3	снижение процентных доходов ЦБ РФ; рост процентных расходов ЦБ РФ; рост расходов на формирование резервов на возможные потери; перечисление доходов от участия в капитале ПАО «Сбербанк» в федеральный бюджет
2018	434,7	структурный профицит ликвидности в банковской системе, повлекший рост процентных расходов ЦБ РФ; финансовая поддержка санируемых банков через Фонд консолидации банковского сектора; передача дивидендов ПАО «Сбербанк» в федеральный бюджет

Следует отметить, что центральные банка стран мира иногда получают финансовый результат в виде убытков (Европейский центральный банк (1999, 2002 - 2004 гг.); Швейцарский национальный банк (2010 г.) и др.) [6]. В тоже время, в ряде стран существуют механизмы компенсации убытков, полученных центральными банками. Например, в Европейской системе центральных банков, убытки, возникающие у одних национальных центральных банков, могут быть компенсированы за счет средств резервного фонда и доходов других национальных центральных банков, пропорционально их доле в капитале Европейского центрального банка. В случае возникновения убытков у Народного банка Китая, они погашаются за счет дотаций из центрального бюджета [7].

Таким образом, потенциал Банка России может быть использован не только для функций обеспечения финансовой стабильности и обеспечения устойчивости национальной валюты, но и для развития российской экономики. Направления использования ресурсного потенциала ЦБ РФ могут быть различными, при этом каждое из них имеет как свои преимущества, так и соответствующие недостатки.

Литература

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : указ Президента РФ от 07 мая 2018 г. № 204 (с изм. на 19.07.2018 г.) // Собрание законодательства РФ. – 2018. – № 20. – Ст. 2817.
2. О Центральном банке (Банке России): федеральный закон от 10 июля 2002 г. № 86-ФЗ (с изм. на 01.05.2019 г.) // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 28. – Ст. 2790.
3. Концепция среднесрочной программы развития экономики России «Экономика Роста». – Режим доступа: http://stolypinsky.club/economica-rosta/
4. Бюджетный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 31 июля 1998 г. № 145-ФЗ (с изм. на 06.06.2019 г.) // Собрание законодательства РФ. – 1998. – № 31. – Ст. 3823.
5. Годовые отчеты Центрального банка Российской Федерации за 1998, 2017, 2018 гг. // Официальный сайт Банка России https://www.cbr.ru.
6. *Смирнова О.В.* Центральные банки зарубежных стран: финансовое состояние и финансовые результаты: монография. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. – 108 с. – С. 51, 58.
7. *Смирнова О.В.* Организационные структуры управления, капитал и прибыль центральных банков зарубежных стран в современном мире / О.В. Смирнова // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2017): материалы Десятой междунар. конфер., 2 - 4 окт. 2017 г., Москва: в 2-х т. / Ин-т проблем упр. им. В.А.Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. Т. 1: Пленарные доклады, секции 1 - 4. М.: ИПУ РАН, 2017. – С. 285-288.

МОНИТОРИНГ ВОВЛЕЧЕННОСТИ СТУДЕНТОВ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИДЕОПОТОКОВ ИЗ АУДИТОРИЙ

Соловьев В.И.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский пр.., 49
vsoloviev@fa.ru

Аннотация: Описана разработанная авторами система измерения IoT для мониторинга активности учащихся в классах на основе отслеживания видеопотоков с камер, размещенных в учебных аудиториях.

Ключевые слова: вовлеченность студентов, распознавание вовлеченности, распознавание эмоций, машинное обучение, классификация.

Введение

Вовлеченность студентов считается одним из наиболее важных аспектов современного образования, поскольку ее измерение обеспечивает ценную обратную связь для лекторов и позволяет им быстро вносить коррективы в свой подход к обучению.

Измерение уровня вовлеченности студентов – одна из ключевых задач в области управления учебным процессом.

В данной работе обсуждаются подходы к измерению вовлеченности и описывается облачный сервис мониторинга вовлеченности студентов на занятиях на основании интеллектуального анализа видеопотоков из учебных аудиторий, и последующей агрегации усредненных данных по студенческим группам, курсам, факультетам и т. д. на интерактивных панелях визуализации.

Важным элементом построенного сервиса является модель машинного обучения, обученная на результатах разметки большого числа распознанных лиц экспертами с указанием вовлеченности или невовлеченности и используемая для идентификации вовлеченности лиц, которые ранее системе не предъявлялись.

Система может использоваться администрацией учебных заведений для получения оперативной обратной связи о динамике средней вовлеченности групп студентов в течение семестра, сравнительного анализа изменения вовлеченности во времени по факультетам, курсам, направлениям подготовки и т. д., оперативного принятия решений о корректирующих действиях.

В докладе описывается разработанная авторами система, которая постоянно анализирует поток данных с видеокамер, установленных в аудиториях, использует модели машинного обучения для идентификации лиц учащихся, распознавания их эмоций и определения уровня вовлеченности, а затем объединяет данные о вовлеченности по группам учащихся, факультетам, курсам и т. д. на интерактивных панелях.

Классификационная модель машинного обучения, основанная на деревьях решений с градиентным бустингом XGBoost, использует в качестве функций не только лицевые метки и эмоции,

но и некоторые специальные признаки, включая групповое направление взгляда и индикатор дальнего ряда.

Для идентификации модели машинного обучения использовался обучающий набор данных, состоящий из 20 000 лиц. Показатели качества (Accuracy, Precision, Recall, AUC) на тестовом наборе тестовых, состоящем из 2000 лиц были выше 0,80.

Система разработана как эластично масштабируемая облачная служба, которая автоматически собирает видеопотоки с камер, установленных в аудиториях, и формирует итоговые показатели вовлеченности студентов и групп в облаке Microsoft Azure.

Данная работа вносит вклад в развитие методологии автоматического распознавания вовлеченности студентов на основе компьютерного зрения.

В отличие от известных результатов исследования, в которых вовлеченность измеряется на основании данных с видеокамер, размещенных на компьютерах и способных измерять уровень вовлеченности отдельных студентов на занятиях, проходящих в компьютерных классах, либо при дистанционной форме обучения (в том числе на массовых открытых онлайн-курсах), в данной работе предложена интеллектуальная система, в автоматическом режиме измеряющая вовлеченность студентов в масштабах целой образовательной организации.

Это дает возможность ее использования и отдельными преподавателями для получения обратной связи об изменении уровня вовлеченности студентов во времени (как в течение занятия, так и в течение семестра).

Но самое главное, такая система может использоваться администрацией учебного заведения для получения оперативной обратной связи о динамике средней вовлеченности групп студентов в течение семестра.

Это позволяет проводить сравнение изменения вовлеченности во времени по факультетам, курсам, направлениям подготовки, отдельным группам, отдельным студентам и преподавателям и оперативно проводить соответствующие корректирующие действия.

Кроме того, отличительной чертой системы, которая описывается в данной работе, является то, что в отличие от других известных систем данная система построена в форме облачного сервиса, который может быть использован для мониторинга вовлеченности сколь угодно больших групп студентов, эластично масштабируясь при изменении числа студентов.

Такой сервис может быть использован одновременно несколькими образовательными организациями или даже в масштабах всей системы образования.

РАЗРАБОТКА ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ТРЕНДОВ (НА ПРИМЕРЕ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ)

Сунчалин А. М.[1], Сунчалина А. Л.[2]

[1]Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва

[2]МГТУ им. Н.Э. Баумана

AndreySunchalin@mail.ru, Sunchalina@mail.ru

Аннотация: В докладе описываются методы прогнозирования развития социально-экономических систем. Приводится классификация методов прогнозирования. Предлагается разработка эконометрической модели прогнозирования на основе объединения трендов.

Ключевые слова: моделирование, временные ряды, прогнозирование

Введение

Существует множество методов прогнозирования, способных решать поставленные задачи при заданных ограничениях. Метод, основывающийся на изучении сложившихся тенденций в прошлом и настоящем и позволяющий обобщать и переносить их на будущее, называется экстраполяция.

В настоящее время методы экономической экстраполяции активно совершенствуются и уже занимают одно из передовых мест в системе экономического прогнозирования. Такая система состоит из множества методов математического представления реальности, формирующих парадигму. В качестве метода прогнозирования принято понимать совокупность приемов мышления, в основе которых лежит возможность анализ прошлых тенденций (ретроспективный анализ) и поиск закономерностей между переменными модели. В научном сообществе отсутствует устоявшаяся

классификация и их разнообразие носит формальный характер, однако можно выделить следующую классификацию, которая более полно описывает методы математического прогнозирования:

1. Линейные или нелинейные.

Линейная модель является базовой в прогнозировании, которая описывает зависимость между переменными в виде линейной функции, и имеет вид (1):

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \varepsilon_i \qquad (1)$$

Нелинейная модель описывает нелинейные связи между зависимыми переменными и имеет вид (2):

$$y = f(X, \beta) + \varepsilon \qquad (2)$$

2. Сосредоточенные (зависящие от одной переменной) или распределенные (зависящие от нескольких переменных).

Сосредоточенные модели описывают динамику систем, которые состоят из дискретных компонент, т.е. системы линейных и нелинейных уравнений.

3. Детерминированные (предопределенные и уникальные) или стохастические (случайные).

Детерминированные модели – это такие алгоритмы, в результате которых получается уникальный и предопределенный результат для любых исходных данных. Стохастические модели – уравнения случайного процесса (стохастического процесса).

4. Статические или динамические.

Основное разлитие между статическими или динамическими моделями – момент времени, в котором строятся зависимости. Для статичных моделей все зависимости относятся к одному моменту времени, а для динамических – к разным.

5. Дискретные (модели с конечным целом значений) или непрерывные (процессы, протекающие во времени).

На ряду с математическими методами прогнозирования выделяют экспертные (интуитивные), которые являются менее точными и субъективными. Само оценивание – процесс получения оценки, в основе которого лежит мнение специалиста. Как правило, методы экспертных оценок показывают отличный результат при оценке процессов в условиях сильного искажения или дефицита информации, которая необходима для моделирования. Еще одним преимуществом интуитивных методов является быстрота получения результатов, однако для этого необходимо обладать высокой квалификацией.

Существует две основные группы методов экспертных оценок:

1. Индивидуальные оценки.

Особенность группы заключается в обособленности отдельных экспертов и их независимость друг от друга.

2. Коллективные оценки.

В отличии от индивидуальных методов оценки, коллективные основаны на использовании коллективного мнения.

Таким образом, выделяют две большие группы методов прогнозирования: интуитивные (экспертные) и формализованные (математические). Интуитивные чаще применяются в маркетинге, политике и экономике, так как система, повышение которой прогнозируется, многогранна и не поддается математическому моделированию. Методы математического прогнозирования являются ключевой группой в системе прогнозирования, так как позволяют определить строгую математическую модель поведения и вычислить будущее значение с заданной точностью.

1 Формирование прогнозов развития социально-экономических систем

Формирование прогнозов развития социально-экономических систем осуществляются с помощью ряда методов[3]. Рассмотрим наиболее распространенные методы прогнозирования.

Экстраполяционный метод основан на прямом использовании данных о динамике изменений отдельных параметров экономической системы. При этом прогнозируемый процесс представляется как функция времени, в которой аккумулировано действие факторов, определяющих его направление и интенсивность. Соответственно, если известны статистические показатели, то можно рассчитать параметры прогноза на любое количество лет вперед, считая тенденции и закономерности постоянными на весь прогнозный период. С этой точки зрения экстраполяционные методы связаны с

гипотезой, что выявленные тенденции прошлого сохранятся в будущем. Недостатком экстраполяционных моделей является то, что они не учитывают особенностей развития отдельных процессов.

Аналитический метод основан на том, что исходя из прошлой социально-экономической динамики подбирается функция, которая наиболее ближе ее описывает, однако любая функция имеет эмпирический характер. Аналитический метод имеет те же ограничения, что и экстраполяционный – он может применяться только для коротких периодов времени. В настоящее время разработаны специальные компьютерные программы, которые дают возможность прогнозировать динамику социально-экономических изменений с помощью различных аналитических функций.

Метод марковских цепей базируется на вероятностях перехода единиц совокупности отдельных факторов из одной группы в другую, а также выход их из-под наблюдения. Предполагается, что найденные коэффициенты развития социально-экономических процессов остаются неизменными какой-то интервал времени, формируя такую структуру, которая зависит только от матрицы перехода, а не от начальных условий. Иногда марковский процесс называют законом эргодичности.

Регрессионные модели применяются тогда, когда оценка должна быть осуществлена в соответствии с предполагаемыми или известными изменениями величин (которые рассматриваются как факторные признаки) определенных экономических или социальных факторов, которые, по мнению исследователя, влияют на прогнозируемый процесс.

2 Эконометрическая модель прогнозирования на основе объединения трендов

Временной ряд это дискретная последовательность чисел, которая описывает состояние объекта в отельные моменты времени. Математическое моделирование предполагает разложение ряда на три составляющие: 1) тренд (T), который характеризует основное направление движения; 2) сезонность (S), которая характеризует периодические колебания; 3) случайную (E). Выделяют две модели временных рядов:

Аддитивная

$$\mathrm{f} = \mathrm{T} + \mathrm{S} + \mathrm{E} \tag{3}$$

2. Мультипликативная

$$f = T \times S \times E \tag{4}$$

В процессе математического моделирования необходимо делать предположения о будущих значениях. Основное такое предположение – неизменность свойств временного ряда или его стационарность.

Большинство математических методов могут использоваться только в условиях стационарности. Стационарность заключается в том, что временной ряд не меняет свои характеристики во времени и характеризуется следующими свойствами:

1. Математическое ожидание постоянно:

$$\forall t\ E(y_t) = \bar{y} = const \tag{5}$$

2. Дисперсия временного ряда постоянна в любом разрезе.

$$\forall t\ D(y) = E(y_t - \bar{y})^2 = G^2(y) = const \tag{6}$$

Временной ряд, который не удовлетворяет вышеперечисленным свойствам, принято называть нестационарным. Финансовые временные ряды обладают нестационарными свойствами. В основе многих моделей лежит разложение временного на сезонную, трендовую и случайную компоненты.

Предложим эконометрическую модель прогнозирования на основе объединения трендов. С учетом возможного влияния мультипликативных и аддитивных внешних факторов такая модель будет иметь вид:

$$y(x) = k_m(x) \cdot (a_1 \cdot \ln(x) + a_2 \cdot x + \sum a_n \cdot \varphi(x) + b_0) + k_a(x) \tag{7}$$

где: y - прогностическая функция; k_m - коэффициент мультиплицирующего фактора; k_a - коэффициент аддитивного фактора; a_1 - коэффициент ограничивающего тренда; a_2- коэффициент линейного тренда; a_n - коэффициенты вейвлет-тренда; φ - вейвлет-функция. При воздействии множественных известных факторов:

$$y(x) = \sum k_{a_n}(x) + \prod k_{m_n}(x) \cdot \left(a_1 \cdot \ln(x) + a_2 \cdot x + \sum a_n \cdot \varphi(x) + b_0\right) \quad (8)$$

Таким образом, данная модель представляет собой комбинированный многофакторный прогноз, учитывающий общие тенденции развития прогнозируемого фактора, его естественные ограничения и сезонные изменения. Помимо этого, учитывается влияние известных факторов, а также точность каждой из основных методик прогнозирования.

Литература

1. Арутюнов А.Л., Иванюк В.А., Цвиркун А.Д. Разработка инструментальных средств прогнозирования в социально-экономических ситемах // А. Л. Арутюнов, В. А. Иванюк, А. Д. Цвиркун ; Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Ин-т проблем упр. им. В. А. Трапезникова Российской акад. наук. Москва, 2012.

2. Иванюк В.А., Андропов К.Н., Цвиркун А.Д. Разработка методологии долгосрочного прогнозирования на основе мультитрендового прогноза // Фундаментальные исследования. 2014. № 12-5. С. 1032-1035.

3. Медведев В. С. Нейронные сети. MATLAB 6 / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин; под общ.ред. к.т.н. В. Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ. – 2002. – 496 с.

БАНКОСТРАХОВАНИЕ В РАЗВИТИИ ФИНАНСОВОГО РЫНКА В РОССИИ

Чернявская Е.Ю.

Волгоградский институт бизнеса, г. Волгоград, ул. Качинцев, 63

timoshenko_k@bk.ru

Аннотация. В статье автором раскрывается актуальность развития рынка банкострахования в России. Описываются особенности взаимодействия страховых компаний и банков. Приводятся статистические данные увеличение доли страховых премий, полученных через посредников.

Ключевые слова. Банкострахование, страховвание жизни, страхование имущества, страховой рынок, процентные ставки, страховой продукт, кредитное страхование, банковский канал.

В настоящее время процесс формирования страхового рынка и банковской системы проходит в тесной взаимосвязи. Активизация сотрудничества страховых компаний и банков является мировой практикой. В России в современных условиях так же усиливается взаимодействие финансовых институтов. При этом процессы в России происходят достаточно интенсивно. Тенденции к сотрудничеству наблюдаются на высоком уровне. Следует отметить, что под банкострахованием понимается реализация страховых услуг через банковский канал продаж, а также страхование рисков банковской деятельности.

Одним из способов взаимодействия является взаимные капиталовложения, когда учредителями страховых организаций выступают банки, а учредителями банковских организаций – страховые компании. Образование таких финансовых институтов позволяет предложить клиентам комплексные программы по страховому и банковскому обслуживанию. В результате интеграции создается единый центр финансовых услуг, и снижаются издержки при осуществлении финансовых операций.

Взаимодействие страховых организаций и банков основывается прежде всего на общих интересах. Следует учитывать, что уровень доверия к банкам гораздо выше у населения, чем к страховым организациям. По данным исследований НАФИ, банки являются единственный финансовый институт, которому доверяют более 50% граждан [1].

Продажи страховых продуктов через банковский канал растут высокими темпами в отличие от темпов роста всего страхового рынка. По официальным данным Центрального банка России по итогам II квартала 2017 г. доля страховых премий, полученных через посредников, существенно выросла (за год до 79,2%), преимущественно за счет смещения структуры каналов продаж в сторону кредитных организаций. Несмотря на развитие банкострахования, отмечается снижение доли вознаграждения посредникам – кредитным организациям в общем объеме страховых премий по договорам, заключенным при участии кредитных организаций, – за год до 24,5%[2].

Рассмотрим структуру видов страхования, реализуемых через банковский канал, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1. Структура банкострахования в России по состоянию на 01.01.18г.

Из представленного рисунка видно, что основная доля в структуре страхования через банкострахование приходится на розничное страхование клиентов связанное кредитованием, при этом основной рост наблюдается за счет развития страхования заемщиков по потребительским и ипотечным кредитам.

Следует учитывать, что участники рынка банкострахования находятся в жесткой конкуренции. Концентрация на рынке страхования через банки продолжает возрастать. В 2017 году доля трех крупнейших страховщиков увеличилась до 48%, в свою очередь доля топ-10 страховщиков – увеличилась до 72%. Лидерами рынка банкострахования по итогам 2017 года, как и годом ранее, стали ООО «СК «Сбербанк страхование жизни», страховая группа «Альфастрахование» и ООО «СК «ВТБ Страхование». При этом произошла перестановка среди самих крупных играков: страховая группа «Альфастрахование» переместилась с 3-го места на 2-е[3].

В 2018 году рынок банкострахования увеличится на 37%. Факторами сложившейся ситуации являются восстановление потребительской активности и в целом экономики, а также снижение процентных ставок, рост объемов кредитования, рост платежеспособности населения (см. рисунок 2)

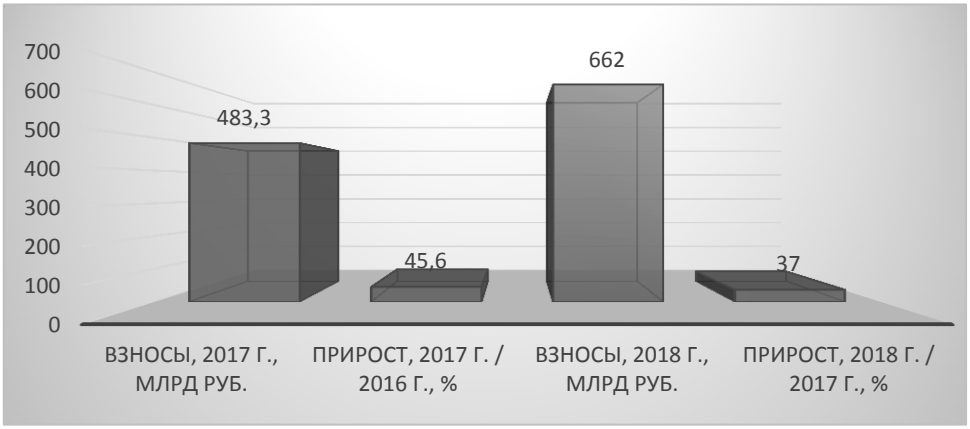


Рисунок -2. Страхование рисков банков и рисков клиентов

По данным RAEX (Эксперт РА), рынок банкострахования по итогам 2018 года составил 662 млрд. рублей. Основное влияние на объем рынка оказывало инвестиционное и смешанное страхование жизни, а также страхование от несчастных случаев и болезней при потребительском кредитовании и ипотечном страховании. Инвестиционное страхование жизни в 2018 году составило 295 млрд. рублей (+53%), смешанное страхование жизни – 47 млрд. рублей (+18%).

Объем кредитного страхования физических лиц составил 190,6 млрд рублей за 2017 год, превысив значение 2016 года на 40,5%, однако страхование заемщиков юридических лиц почти не изменилось за 2017 год и составило 14,7 млрд рублей, что выше значения за 2016 год всего на 2,1%.

Восстановление потребительской активности и снижение процентных ставок по кредитам привели к росту страхования жизни и здоровья заемщика потребительских кредитов до 137 млрд. рублей (+40%), ипотечного страхования – до 39 млрд. рублей (+25%), автострахования – до 20 млрд. рублей (+30%) за 2018 год. Кредитное страхование юридических лиц существенно не изменилось и составило 15 млрд. рублей (+2%) за 2018 год, а страхование рисков банков сократилось на 15% за счет сокращения числа банков и оптимизации расходов.



Рисунок -3. Розничное кредитное страхование в 2017-2018гг.

Факторы, повлиявшие на розничное кредитование в 2017-2018 гг. – это снижение процентных ставок по ипотечным, авто- и потребительским кредитам, которые привели к росту объемов кредитования и кредитного страхования.

Общий объем некредитного банкострахования составил 269 млрд рублей за 2017 год, став крупнейшим направлением в банкостраховании за счет инвестиционного страхования жизни.

Таблица 1. Розничное некредитное страхование в 2017-2018гг.

Вид банкострахования	Взносы, 2017г., млрд руб.	Прирост, 2017г. / 2016г., %	Взносы, 2018г., млрд руб.	Прирост, 2018г. / 2017г., %
Розничное некредитное страхование, всего	269,0	58,8	382,0	42,0
Смешанное страхование жизни (дожитие + нетрудоспособность или смерть в период действия полиса)	39,7	20,3	46,8	18,0
Страхование ренты / аннуитетное страхование / пенсионное страхование	0,3	-91,4	0,3	0,0
Инвестиционно-страховые продукты страхования жизни	193,0	93,0	295,3	53,0
Страхование выезжающих за рубеж	1,0	-41,2	0,8	-20,0
Страхование имущества физических лиц	17,0	19,7	20,4	20,0
Прочие виды розничного страхования клиентов банков, НЕ связанных с кредитованием	17,9	5,5	18,5	3,0

По представленным данным видно, что значимую долю в некредитном страховании занимали смешанное страхование жизни (14,8%) и страхование имущества физических лиц (6,3%). Их объем составил 39,7 млрд рублей (+20,3%) и 17 млрд рублей (+19,7%) соответственно. Отрицательную динамику взносов за 2017 год показали страхование выезжающих за рубеж (-41,2%) и страховые продукты, связанные со страхованием ренты, аннуитетным страхованием и пенсионным страхованием (-91,4%). Данные показатели находились под влиянием низкой процентное ставки по депозитам, которая способствует росту инвестиционного страхования жизни.

Итак, в ближайшее время объем взносов, получаемых страховщиками через банковский канал продаж, продолжит расти. Дистрибуция через банковский канал продаж выгодна для страховщиков даже в условиях высоких комиссий – доступ к широкой клиентской базе делает его более привлекательным, чем развитие собственных агентских сетей. При этом сегодня потенциал банковского канала продаж используется не полностью: страхованием охвачены в основном заемщики банков, вынужденные приобретать страховые продукты для получения кредитов, продажи более сложных накопительных и инвестиционных страховых продуктов вкладчикам банков практически не развиты.

Литература

1. Чернявская Е.Ю., Кислова Д.А. Развитие банковского сектора на ближайшую перспективу в условиях экономического кризиса в современной России // Бизнес. Образование. Право. Волго-град: Изд-во «ПринТерра».- 2016.- № 4 (37). С. 98-101.

2. Центральный Банк Российской Федерации // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.cbr.ru/

3. Чернявская Е.Ю., Изюмова О.Н. Особенности развития страхового регионального рынка по страхованию жизни в южном федеральном округе за период 2014-2016 годов //Бизнес. Образование. Право. 2018. № 1 (42). С. 130-136.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ЕЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Щетинин Е.Ю., Рассахан Н.Д.

Финансовый Университет при Правительстве РФ,
Россия, Москва, Ленинградский проспект, 49
riviera-molto@mail.ru, rassahan@gmail.com

Аннотация: Рекомендательные системы открыты для атак злоумышленников с целью искусственного продвижения или дискредитации определенных продуктов. Ими создаются поддельные профили пользователей, вызывающие изменение рейтингов продуктов. Нами предложен алгоритм рекомендаций на основе кластеризации k-средних в качестве устойчивого метода противодействия атакам шиллинга.

Ключевые слова: рекомендательные системы, коллаборативная фильтрация, шиллинг-атака, кластеризация, k-средних.

Введение

С увеличением объема информации, доступной в повседневной жизни благодаря широкому использованию Интернета, рекомендательные системы (РС) стали одним из наиболее востребованных инструментов для сбора и анализа необходимой информации. Алгоритмы РС эффективны в автоматизации привычек людей, собирая информацию о предпочтениях в продуктах, таких как фильмы, музыкальные компакт-диски, книги и т.д. Как правило, РС представляют собой матрицу пользователь-продукт (user-item), содержащую рейтинги продуктов, составленные пользователями в результате либо покупки, либо рекомендаций (лайки, отзывы фактов покупки и т.п.), полученных от других пользователей [1]. Обычно она является сильно разреженной в силу того, что далеко не все пользователи оставляют отзывы по результатам покупки. а кроме того не все продукты, предлагаемые в системе, приобретаются. Известны два подхода к заполнению матрицы: строить рекомендации, основанные на пользователях (user-based collaborative filtering), либо искать схожие продукты – рекомендации, основанные на продуктах (item-based collaborative filtering). Задача РС - построить прогноз рейтинга на интересующий пользователя продукт при условии, что известны рейтинги либо похожих продуктов, либо они установлены другими пользователями. Всякий раз, когда пользователь запрашивает прогноз по интересующему его продукту, система строит его в виде средневзвешенного значения рейтингов других пользователей этого продукта.

1 Шиллинг-атаки на рекомендательные системы

Современные системы РС пока еще не в состоянии надежно отличать профили подлинных пользователей от вредоносных, что делает их уязвимыми для манипуляций со стороны недобросовестных пользователей. Злонамеренные пользователи или конкурирующие компании могут вторгаться в базы данных, чтобы искусственно увеличить или соответственно снизить популярность определенного продукта. Впервые этот процесс был описан в работе [2] и терминологически определен как шиллинг-атака (shilling attack). Определение поддельных (фейковых) профилей и устойчивость к ним имеют решающее значение для успешности работы рекомендательных систем. Все это сделало необходимым разработать эффективный алгоритм РС для создания персонализированных прогнозов рекомендаций с высокой точностью в условиях неизбежных атак по внедрению поддельных профилей в рекомендательную систему. Кроме того, из-за постоянно увеличивающихся размеров матрицы пользователь-продукт такие алгоритмы должны быть устойчивы к проблемам масштабируемости. Известны различные методы повышения качества получаемых прогнозов путем модификации методов расчета подобия [3,4] и обработки разреженных профилей пользователей [5,6]. Некоторые исследователи предложили алгоритмы для преодоления

проблем масштабируемости с использованием матричной факторизации [7], снижения размерности и методов кластеризации [8].

Шиллинг-атаки на систему генерируются путем внедрения поддельных профилей в базы данных пользователей. В литературе атаки шиллинга классифицируются по двум направлениям: атаки, направленные на повышение рейтинга продукта, избранного злоумышленниками (push attack) и атаки, направленные на понижение рейтинга целевого продукта (nuke attack) [3,4]. Чтобы повысить популярность некоторого продукта, атакующие формируют профиль нового пользователя РС, который присваивает ему в сети высокий рейтинг, для снижения популярности целевого товара ему присваивается низкий рейтинг. Злоумышленники генерируют фиктивные профили, назначают своим целевым продуктам максимальный или минимальный рейтинг в соответствии с намерениями и внедряют их в РС. Таким образом, они манипулируют рекомендациями в свою пользу.

Решению задачи обнаружения и устранения шиллинг-атак уделяется значительное внимание и посвящено немало публикаций [1, 3, 5]. В настоящей работе для обнаружения атак шиллинга нами предложен метод кластеризации k-средних с адаптивным выбором центров [2]. В дополнение к обнаружению вредоносных профилей мы показали, что предложенный метод может использоваться для построения надежного прогноза рейтинга продуктов.

Наиболее известная стратегия в злоумышленника по внедрению поддельных профилей в группу пользователей системы состоит в следующем. Прежде всего, этот пользователь стремится к более частому упоминанию некоторого продукта в системе. Очевидно, что для этого необходимо изменить прогнозируемое значение рейтинга этого продукта для как можно больше пользователей. Эффективная шиллинг-атака делает это значение максимально высоким. Мерой эффективности атаки может служить величина смещения прогноза рейтинга целевого продукта. Она определяется как разница в прогнозируемом значении элемента до и после нападения

$$P = \sum_{u} \tilde{r}_{u_i,y} - r_{u_i,y} = \sum_{u} P_u, \quad (1)$$

где $\tilde{r}_{u_i,y}$ обозначает прогноз рейтинга продукта y для пользователя ui после атаки, Pu – прогноз сдвига рейтинга продукта у по пользователям. Таким образом, задача атакующего состоит в максимизации Р. Сам прогноз $\tilde{r}_{u_i,y}$ может быть вычислен следующим образом:

$$\tilde{r}_{u_i,y} = \bar{r}_{u_i} + \frac{\sum_{u_j \in N} \left(r_{u_j,y} - \bar{r}_{u_j}\right) \times C_{u_j,u_i}}{\sum_{u_j \in N} C_{u_j,u_i}}, \quad (2)$$

где $r_{u_j,y}$ - рейтинг продукта у для пользователя uj, $\bar{r}_{u_i}, \bar{r}_{u_j}$ – средние рейтингов пользователей u_i, u_j N – множество ближайших соседей пользователя ui, C_{u_j,u_i} - мера подобия между пользователями ui,uj, в качестве которой выбирается корреляция Пирсона. Заметим, что корреляция (3) вычисляется только для тех продуктов у, на которые имеются рейтинги от обоих пользователей ui, uj.

2 Алгоритм кластеризации пользователей с целью выделения фальшивых профилей

На первом этапе алгоритм формирует матрицу пользователь-продукт U(n,m), где n и m представляют количество пользователей и продуктов соответственно. Обычно матрица U представляет собой сильно разреженную матрицу, состоящая из рейтингов (лайков, фактов покупки и т.п.), которые пользователи (строки матрицы) присвоили продуктам (столбцы матрицы). Наша задача – предсказывать оценки $\tilde{r}_{u_i,y}$, зная некоторые уже расставленные в матрице оценки $r_{u_i,y}$. Известны два подхода к созданию матрицы: искать рекомендации, основанные на пользователях (user-based collaborative filtering), либо искать похожие продукты – рекомендации, основанные на продуктах (item-based collaborative filtering). Найти, насколько другие пользователи (продукты) в базе данных похожи на данного пользователя (продукт). По оценкам других пользователей (продуктов) предсказать, какую оценку даст данный пользователь данному продукту, учитывая с большим весом тех пользователей (продукты), которые больше похожи на данный. Веса определяются из корреляции Пирсона, а прогноз, который даст новый пользователь на целевой продукт, определяется как (2). Однако, вряд ли рационально для каждой рекомендации суммировать данные от миллионов пользователей. Поэтому вместо того, чтобы учитывать всех пользователей, мы отбираем только N ближайших соседей – N пользователей, максимально похожих на данного пользователя ui и уже оценивших этот продукт.

Затем алгоритм строит бинарное дерево, используя алгоритм кластеризации N-средних для разделения матрицы U на два кластера, где центры кластеров нумеруются для дальнейшего использования. Если число пользователей в каком-либо кластере превышает допустимое число ближайших соседей к центру кластера N, то такие кластеры продолжают делиться на подмножества с помощью алгоритма кластеризации N-средних. В итоге получим бинарное дерево с размеченными центрами кластеров в качестве узлов ветвей и сгруппированными соседними пользователями на конечных узлах. Таким образом, получим непрерывный процесс обновления дерева решений, которое сохраняет алгоритм для классификации нового пользователя и его возможного включения в систему.

Когда активный пользователь (a) запрашивает прогноз рейтинга на какой-либо продукт, вместо вычисления сходства со всеми пользователями, сервер только перенаправляет активного пользователя в соответствии с его сходством в два центра кластера на каждом уровне. Во время обхода на каждом уровне выполняются два вычисления подобия, где более высокое сходство определяет следующий прогноз. Хотя глубина бинарного дерева d зависит от N, интуитивно она намного меньше в больших рекомендательных системах с высокой масштабируемостью. Поэтому после формирования дерева выполняется не более $2 \times (d - 1) + N$ вычислений подобия вместо n для формирования ближайших соседей. Наконец, определяется конечный узел, к которому принадлежит новый пользователь, и все пользователи в этом соответствующем узле рассматриваются как ближайшие соседи. Затем прогноз рассчитывается как средневзвешенное значение оценок соседей по целевому элементу, приведенное в (1), и возвращается к (a) как прогноз (2).

Мы полагаем, что предложенный алгоритм последовательного разделения пользователей на две группы в итоге приведет к тому, что все поддельные профили, внедренные различными шиллинг-атаками, начиная с определенного уровня дерева будут перемещены в один кластер с достаточно высокой точностью. Чтобы подтвердить или опровергнуть эту гипотезу в работе были проведены численные эксперименты на реальных базах данных.

Заголовок раздела «Литература» набирается шрифтом Arial размером 11 пт., жирным, выравнивание – по левому краю, интервал с отступом до абзаца 6 пт., после абзаца – 3 пт.

Литература

1. Agarwal Deepak K., Chen Bee-Chung, Statistical Methods for Recommender Systems, Cambridge University Press, 2016.

2. R. Bhaumik, B. Mobasher, R. D. Burke, A clustering approach to unsupervised attack detection in collaborative recommender systems, IEEE international conference on data mining, pp. 181–187, 2011.

3. R. Burke, B. Mobasher, C. Williams, and R. Bhaumik, Classification features for attack detection in collaborative recommender systems, ACM SIGKDD, pp 542–547, 2006.

4. Z. Cheng, N. J. Hurley, Robust collaborative recommendation by least trimmed squares matrix factorization, IEEE conference on tools with artificial intelligence, pp. 105–112, 2010.

5. C. Y. Chung, P. Y. Hsu and S. H. Huang, A novel approach to filter out malicious rating profiles from recommender systems, Decision Support Systems, vol. 55, No. 1, pp. 314–325, 2013

6. A. Davoudi, M. Chatterjee, Product rating prediction using trust relationships in social networks, IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference (CCNC), pp. 115–118, 2016.

7. W. Zhou, J. Wen , Y. S. Koh, Q. Xiong, M. Gao, G. Dobbie, and Sh. Alam, Shilling Attacks Detection in Recommender Systems Based on Target Item Analysis, PLOS ONE journal, 2015.

8. B. Mehta. Unsupervised shilling detection for collaborative filtering. In AAAI, p. 1402 1407, 2007.

СЕКЦИЯ 7: УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ, ИНФРАСТРУКТУРНЫМИ И ДРУГИМИ СИСТЕМАМИ

ВЫГОДНО ЛИ РОССИИ СОГЛАШЕНИЕ ОПЕК+? АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО РЫНКА НЕФТИ

Акинфиев В. К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
akinf.valery@yandex.ru

Аннотация: В статье анализируется влияние соглашения ОПЕК на мировой рынок нефти. Предложена математическая модель рынка нефти, основанная на балансе спроса и предложения. Модель используется для оценки будущих поставок нефти странами ОПЕК + и производителями сланцевой нефти в США в зависимости от мировых цен на нефть.

Ключевые слова: соглашение ОПЕК+, математическая модель, баланс спроса и предложения.

Введение

Появление технологии гидроразрыва пласта (фрекинга) в США резко изменило перспективы мировой нефтедобывающей отрасли за последнее десятилетие. Именно сланцевая отрасль США стала основной причиной резкого роста предложения нефти на рынке в 2013-2015 годах, который привел к резкому падению цен на нефть до 30 долларов за баррель в середине 2014 года.

Но уже к 2016 году мировой рынок нефти перешёл от фазы жесткой конкуренции и ценовой войны 2014 - 2015 г. г. к регулированию рынка, направленного на стабилизацию цен на заданных уровнях. Так в ноябре 2016 года страны ОПЕК договорились о сокращении добычи нефти на 1,2 млн. баррелей в сутки. Аналогичное соглашение было подписано и в декабре 2018 года. По нему страны ОПЕК и десять не входящих в организацию производителей сырья, включая Россию, совместно выполняют соглашение о сокращении добычи нефти на 1,2 млн. баррелей в сутки..

Саудовская Аравия и ряд других членов ОПЕК в сложившейся ситуации рассчитывают на взаимодействие с нефтедобывающими странами во главе с Россией, которые помогут противостоять экспансии США и ослабят негативные последствия сланцевого бума. Меры ОПЕК+, направленные на восстановление баланса спроса и предложения на мировом рынке, могут оказаться достаточно эффективными.

Возникает вопрос – насколько участие в соглашении ОПЕК+ выгодно для России? В соответствии с прогнозом ОПЕК при условии поддержания нефтяных цен на уровне $70+ доля сланцевой нефти через 7-9 лет может увеличится почти в два раза [1]. При этом доля остальных участников рынка, в том числе и России, уменьшится. Понятно, что России желательно сохранить свою долю мирового рынка, которая в 2018 году составляла 11,8%. Но, очевидно, эта возможность возникает при более низких ценовых уровнях.

Следует отметить, что темпы роста добычи сланцевой нефти в значительной степени зависят от ценовых уровней нефти на глобальном рынке. Практический интерес представляет исследование сценариев, при которых ОПЕК+ будет поддерживать другие ценовые диапазоны, например, (60-70), (50-60), (40-50) $/ бар. Какая цена нефти нужна России для выполнения бюджетных обязательств и экономического развития, а также для сохранения своей доли на глобальном рынке нефти. Доклад посвящён обсуждению этих важных вопросов.

Модель поведения сланцевых компаний США.

Сланцевая революция в США изменила параметры модели глобального нефтяного рынка: предложение нефти со стороны производителей стало более эластичным. Сланцевые компании США увеличивают добычу нефти в ответ на повышение цен, и, наоборот, сокращают добычу, если нефть дешевеет. Быстрая реакция со стороны сланцевой отрасли на изменение ситуации на нефтяном рынке способны удерживать цены в узком диапазоне, который зависит также от стратегии добычи нефти других игроков рынка. До "сланцевой революции" скачки цен были обычным явлением из-за неэластичности предложения традиционной нефти.

Возникает важный вопрос - как может быть описано поведение сланцевых компаний в зависимости от динамики мировых цен на нефть? В [2] приводятся результаты исследований, полученные при использовании краткосрочной модели сланцевой отрасли США. Модель генерирует

прогнозы 6 основных показателей по каждому из пяти нефтяных сланцевых бассейнов (Bakken, Eagle Ford, Anadarko, Niobrara и Permian). Модель позволяет строить сценарные прогнозы по динамики добычи в зависимости от динамики цены на нефть WTI, возможного роста производительности буровых установок и других технологических и ресурсных ограничений.

По прогнозам ИЭФ, если цена нефти WTI будет на уровне 70 долл. за баррель и выше, то годовой рост добычи в ближайшие два-три года может составить 2,0-2,5 млн. баррелей в день [2]. При цене нефти WTI в интервале 60-70 долл. за баррель рост добычи прогнозируется на уровне роста мирового спроса, то есть на уровне 1,2-1,4 млн. баррелей в день. При цене нефти WTI порядка 50 долл. за баррель рост добычи будет незначительным или даже нулевым. При цене ниже 50 долл. за баррель сланцевые проекты перестанут быть привлекательными для инвесторов.

Мы будем использовать эти результаты и прогнозы других аналитиков при построении модели поведения сланцевых компаний США. Пусть G^t_{shale} - прирост добычи сланцевой нефти в период t. G^t_{shale} зависит от динамики цены на нефть и времени, прошедшего от начала прогнозного периода. Тогда $G^t_{shale} = \Psi(P^{t-1}, t)$, где P^t - цена нефти на рынке. Эта зависимость может быть задана в виде серии графиков. Тогда добыча сланцевой нефти может быть задана следующей рекуррентной формулой: $S^t_{shale} = S^{t-1}_{shale} + \Psi(P^{t-1}, t)$.

Модель рынка нефти на основе баланса спроса и предложения.

Мы предлагаем имитационную динамическую игровую модель, представленную на рис. 1. Модель описывает взаимосвязи между спросом на нефть, стратегией поставок нефти на рынок со стороны игроков и динамикой изменения цены на нефть. Модель позволяет, задавая различные стратегии поведения игроков, моделировать движение нефтяных цен, которые в свою очередь влияют на выбор игроками своих решения по добыче нефти и поставкам ее на рынок. В модели представлены три игрока: сланцевые компании США, страны ОПЕК+ (включая Россию), а также страны не входящие в ОПЕК+ (включая добычу традиционной нефти в США).

Методология исследования основана на сценарном моделировании и анализе стратегий ОПЕК+ по управлению балансом спроса и предложения на нефтяном рынке (снижение или увеличения добычи) для таргетирования нефтяных цен на заданных целевых уровнях. При моделировании каждого сценария оцениваются два критерия: валовая выручка от продажи нефти за определенный период и динамика изменения доли рынка.

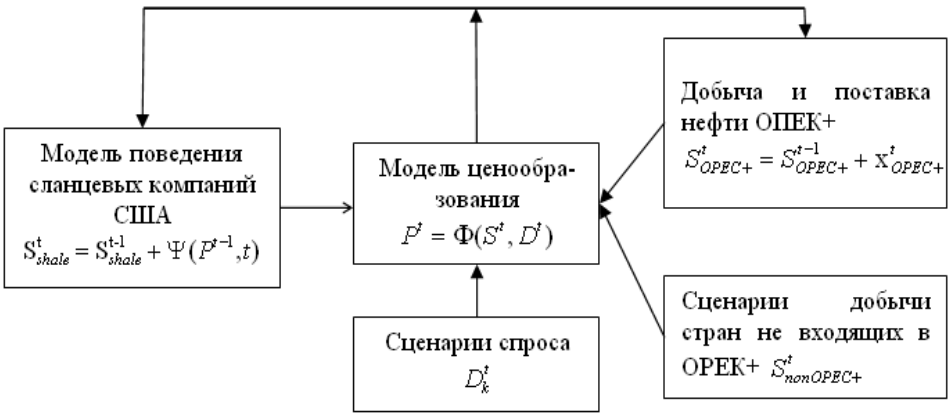


Рис 1 Комплексная модель

Пусть x^t_{OPEC+} - управление со стороны ОПЕК+ в виде сокращения или увеличение добычи нефти в периоде t. Величина x^t_{OPEC+} устанавливаются в зависимости от соотношения цены нефти на рынке в предшествующем периоде t-1 и границ заданного целевого диапазона. Механизм выбора x^t_{OPEC+} обозначим через ω, $x^t_{OPEC+} = \omega(P^t, P_н, P_в)$, где $P_н$ и $P_в$ - границы целевого диапазона. D^t_k - сцена-

рии глобального спроса на нефть. Предполагается, что спрос D_k^t заранее неизвестен участникам рынка. Модель ценообразования на рынке $P^t = \Phi(S^t, D^t)$ задается рекуррентной формулой [3, 4]:

$$P^t = P^*(t) \cdot (1 + \gamma(t) \cdot (\frac{\sum_{t-2}^{t} D_k^t - \sum_{t-2}^{t} \mathrm{S}^t}{\sum_{t-2}^{t} D_k^t}) \quad (1)$$

Здесь S^t - суммарное предложение нефти на рынке, $\mathrm{S}^t = \mathrm{S}_{shale}^t + S_{OPEC+}^t + S_{nonOPEC+}^t$. В соответствии с [3], коэффициент эластичности в модели $\gamma(t) = \gamma^+$, если $D_k^t - \mathrm{S}^t \geq 0$ и $\gamma(t) = \gamma^-$ в противном случае. Усредненное значение γ^+ равно 9,75 и, соответственно, γ^- равно 28,7. В модели при формировании прогнозной цены используется информация о динамике спроса и предложения за два предшествующих периода. Параметр $P^*(t)$ вычисляется следующим образом: $P^*(t) = P^*(0)$, где $P^*(0)$ - цена нефти на начало прогноза. Если в некоторый период $t^{"}$ $D(t) = S(t)$, то $P^*(t) = P^{t^{"}}$ для всех $t \geq t^{"}$. Модель учитывает свойство «гистерезиса» при формировании цены, равновесное значение цены может установиться на уровне, отличном от первоначального.

Глобальный спрос D_k^t задается в модели экзогенно в виде некоторой заданной функции времени или набора таких функций (сценариев). Результаты анализа доли рынка и валютной выручки России от продажи нефти в зависимости от целевого уровня цены нефти для сценария спроса (прогноз ОПЕК) представлены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели России в зависимости от целевого уровня цены нефти

Целевой уровень цены нефти ОПЕК+	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70+
Доля рынка к 2028 году, %	12,0	11,1	10,5	10,1
Валютная выручка России от продажи нефти, $ трлн.	13,34	15,28	17,33	19,45

Выводы

Проведённые расчеты (таблица 1) подтверждают, что ОПЕК+, снижая добычу с целью поддержать цену нефти на высоком целевом уровне, создает свободную нишу на рынке. Эту нишу занимают производители вне соглашения, в основном производители сланцевой нефти, которые могут продолжать наращивать добычу. При более низких целевых уровнях цены нефти, которые устанавливает ОПЕК+, рост добычи нефти сланцевыми компаниями будет ограничен и, при определённых сценариях роста глобального спроса, квоты ОПЕК+ могут быть установлены и в сторону увеличения добычи, что будет способствовать сохранению их доли рынка.

При существующей стратегии ОПЕК+ (целевой уровень цены нефти в интервале 60 - 70 долл. за баррель) лидером по росту добычи останутся США. Расчеты, проведенные на модели, показывают, что к 2028 году добыча сланцевой нефти в США по сравнению с 2018 годом может увеличиться почти в два раза и достигнет 15,1 млн. баррелей в сутки. Сланцевая нефть США будет занимать 13,8% рынка, при этом доля рынка российской нефти снизится до 10,5 %.

Расчеты показывают, что для России наиболее выгодным с точки зрения сохранения доли рынка является вариант таргетирования цены нефти на более низких уровнях, но при этом заметно сокращается валютная выручка от продажи нефти. В целом участие России в соглашении ОПЕК+, как и участие в нем других стран, в данных условиях является разумной стратегией

Литература

1. World oil outlook 2018. The annual OPEC forecast, 2018, 364 с. https://woo.opec.org/.
2. *Салихов М. Р. Курилов В.В.* Сланцевая добыча в США: сценарные прогнозы, Институт энергетики и финансов, Аналитика, 31 октября 2018, 35 с.

3. *Акинфиев В. К.* Анализ волатильности нефтяного рынка // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2017. № 2. С. 193-196.
4. *Акинфиев В. К.* Модель конкуренции между нефтедобывающими компаниями с традиционным и нетрадиционным способом добычи / Управление большими системами. Выпуск 67. М.: ИПУ РАН, 2017. С.52-80.

СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Андрюшин А.В., Щербатов И.А., Цуриков Г.Н., Титов Ф.М.

Московский энергетический институт, Россия, г. Москва ул. Красноказарменная д.14
AndriushinAV@mpei.ru, ShcherbatovIA@mpei.ru, grishatsurikov9826@yandex.ru, fedor.titov.335@gmail.com

Аннотация: Показана необходимость прогнозирования значений технологических параметров в рамках решения задачи прогнозирования технического состояния энергетического оборудования для целей организации ремонтов по состоянию. Рассмотрена архитектура и методы предобработки больших объемов данных и прогнозирования значений параметров. Показана эффективность искусственных нейронных сетей при решении данных задач.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, техническое состояние, предобработка данных, прогноз, искусственная нейронная сеть, энергетика.

Введение

При разработке система предиктивной аналитики (СПА) для прогнозирования в основном используются характеристики, основанные на экспертных знаниях, сформулированных в процессе эксплуатации оборудования эвристиках, а также предположении о том, что динамика изменения ряда параметров свидетельствует об отказе оборудования с определенной уверенностью через некоторый интервал времени. Неоднородность больших данных (Big Data) [1] и методы их обработки неразрывно связаны при реализации СПА.

В систему предиктивной аналитики поступает неструктурированная телеметрическая информация в реальном масштабе времени от различных информационных и автоматизированных система, таких как АСКУЭ и SCADA, а также учетных систем (например, фиксирующих дефекты, результаты диагностики и пр.), MES, ERP и EAM. Использование накопленной информации в скором будущем должно обеспечит энергетике качественный скачок вперед [2]. Для большинства систем предиктивной аналитики характерна следующая структура [3]: импорт данных в систему; преобразование и подготовка данных; кластеризация для выявления тех данных, которые поступают затем в предиктивную модель; прогнозирование трендов и отказов на основе предиктивной модели.

Проведенный критический анализ литературных источников в области обработки больших данных и временных рядов для целей реализации оценки состояния оборудования и прогнозирования его надежности позволяет сделать вывод о целесообразности разработки оригинального подхода создания систем предиктивной аналитики для предприятий энергетики.

1 Структура системы предиктивной аналитики

Качество прогнозирования технического состояния оборудования энергетики и эффективность функционирования других систем предприятия, использующих данные прогнозов, зависит от архитектуры и функциональности системы предиктивной аналитики.

Одна из ключевых подзадач при создании СПА – предобработка данных, целью которой является получение генеральной совокупности данных как основы для синтеза или коррекции предиктивной модели, а также получения непосредственно прогноза. Поступающие данные должны быть по возможности отфильтрованы от помех, шумов и ошибок, а также привязаны к реальному масштабу времени. Совокупности данных должны быть равномерными, нормализованными, а в ряде случаев их требуется получить с использованием специальных методов, например, когда данных не достаточно для реализации предиктивной модели или ее корректировки. Для реализации СПА разработана структура, содержащая основные модули, реализующие один из ключевых подходов Индустрии 4.0 [4] кибер-физические объекты (рис. 1).

На структурной схеме представлены основные системы и подсистемы, а также информационные потоки и потоки данных, обеспечивающие прогнозирование трендов ключевых параметров, технического состояния оборудования энергетики и принятия решений.

Согласно концепции кибер-физических систем данные от датчиков, установленных на оборудовании, поступают в соответствующие информационные системы (ИС), к которым можно отнести SCADA, MES, PLM, EAM. Эти данные доступны для ЛПР, решающего задачу постановки глобальной цели системы энергетического оборудования. Данные информационные системы обеспечивают поддержку принятия решений при управлении жизненным циклом производственных активов предприятий энергетики, оптимизации генерации или транспорта энергии и т.д.

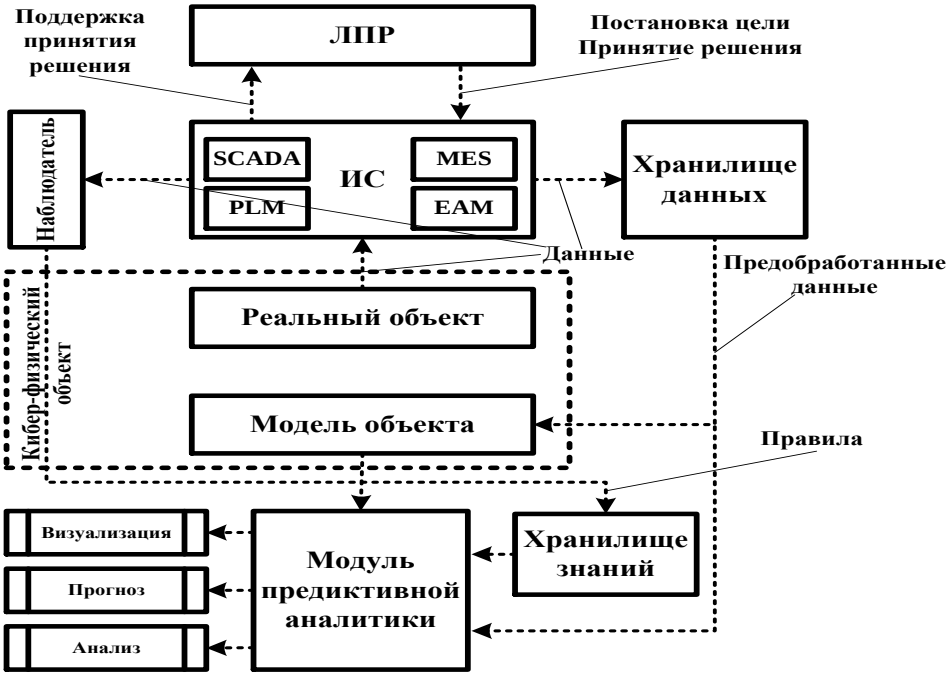


Рис. 1. Структура системы предиктивной аналитики

Таким образом, разрабатываемая СПА является частью общего подхода по цифровизации предприятий энергетики, которая в свою очередь направлена на повышение эффективности их функционирования. Система предиктивной аналитики на основе поступающих данных и имеющихся экспертных знаний обеспечивает прогнозирование технического состояния оборудования, характерных показателей и трендов, их интерпретацию и анализ, а также визуализацию происходящих в оборудовании процессов.

2 Сбор данных в системе предиктивной аналитики

Данные, поступающие в систему предиктивной аналитики, влияют на ряд аспектов, обуславливающих ключевые свойства ее применения: эффективность прогнозирования как мера минимизации затрат на поддержание оборудования энергетики в надлежащем техническом состоянии (обеспечении заданной надежности); качество прогнозирования как объективная характеристика возможности использования полученного прогноза для управления оборудованием или принятия решений на уровне предприятия.

Структурная схема сбора данных системы предиктивной аналитики представлена на рис. 2 (ЕО – единица оборудования энергетики, КО – компонента крупномасштабной энергетической системы [5]).

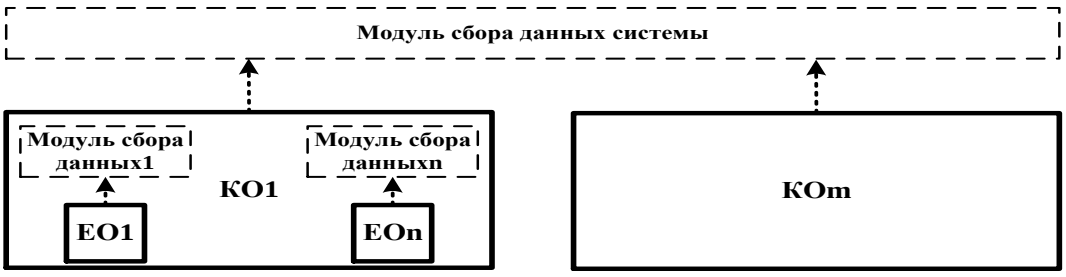


Рис. 2. Сбор данных системы предиктивной аналитики

Необходимо отметить, что согласно концепции промышленного интернета вещей целесообразно обеспечить максимальную унификацию аппаратных средств и протоколов передачи данных.

3 Предобработка данных

Рассмотрим наличие аномалий в измерительных данных систем предиктивной аналитики. Первый случай – наличие пропусков в получаемых данных. В литературных источниках описано большое число методов и алгоритмов восстановления данных при наличии пропусков [6-8]. Общая черта данных методов – заполнение пропущенного одного или нескольких значений.

Решение проводилось для нескольких методов (Cubic / Liner SVM и искусственные нейронные сети с алгоритмом обучения Левенберга-Марквардта). Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты экспериментов по применению алгоритмов восстановления пропусков

Пропуски	Регрессионные методы		Нейронная сеть	
	Алгоритм машинного обучения	СКО (RMSE)	Алгоритм машинного обучения	СКО (RMSE)
1 столбец (10%)	Cubic SVM	0.27517	Levenberg-Marquardt	0.82636
1 строка (10%)	Liner SVM	0.37958	Levenberg-Marquardt	1.64428
3 столбца (30%)	Liner SVM	0.31582	Levenberg-Marquardt	1.1475
3 строки (30%)	Liner SVM	0.19736	Levenberg-Marquardt	4.8081
5 столбцов (50%)	Liner SVM	0.35404	Levenberg-Marquardt	2.3039
5 строк (50%)	Linear Regression	0.38985	Levenberg-Marquardt	2.6446

Результаты свидетельствуют о целесообразности применения регрессионных моделей для решения задачи восстановления пропусков в данных.

Следующей не менее важной задачей по предобработке больших массивов данных для СПА является необходимость выявления и устранения выбросов (аномально больших или малых значений технологических параметров, присутствующих в генеральной совокупности). Выброс – элемент, существенно отличающийся от других элементов выборки.

Рассмотрим примеры решения задачи определения выбросов в данных, поступающих от средств измерений объектов энергетики в систему предиктивной аналитики. В качестве базового математического аппарата выберем искусственные нейронные сети. Обучающая выборка содержит информацию о температуре окружающего воздуха (X_1), давлении в конденсаторе паровой турбины (X_2) и значениях мощности парогазовой установки при данных параметрах. Для выборки, после представления данных в трехмерном пространстве, отобрано 100 элементов, среди которых визуально легко определить значения, заметно отличающиеся от остальных. Для анализа точности определения выбросов с использованием разработанного способа первоначально выбросы были определены на основании методики из ГОСТ Р ИСО 16269-4-2017 (значения параметра мощность, определенные как выброс кодировались единицей, в противном случае нулем).

Выбросы значений для параметра мощность (Y) идентифицируются путем нахождения стьюдентизированной ошибки и ее последующим сравнением с показателем распределения Стьюдента (при доверительной вероятности 0.995, числе степеней свободы $k = n - p - 2$, где n - количество элементов в выборке, p - количество переменных, влияющих на значения Y).

Для определения потенциальных выбросов по переменным X используется параметр h, характеризующий расстояние между значением, принимаемым случайной величиной X в i-й точке и средним арифметическим всех n значений, принимаемых X. Элемент выборки считается выбросом, если значение данного параметра меньше, чем результат выражения $h \le 2(p+1)/n$.

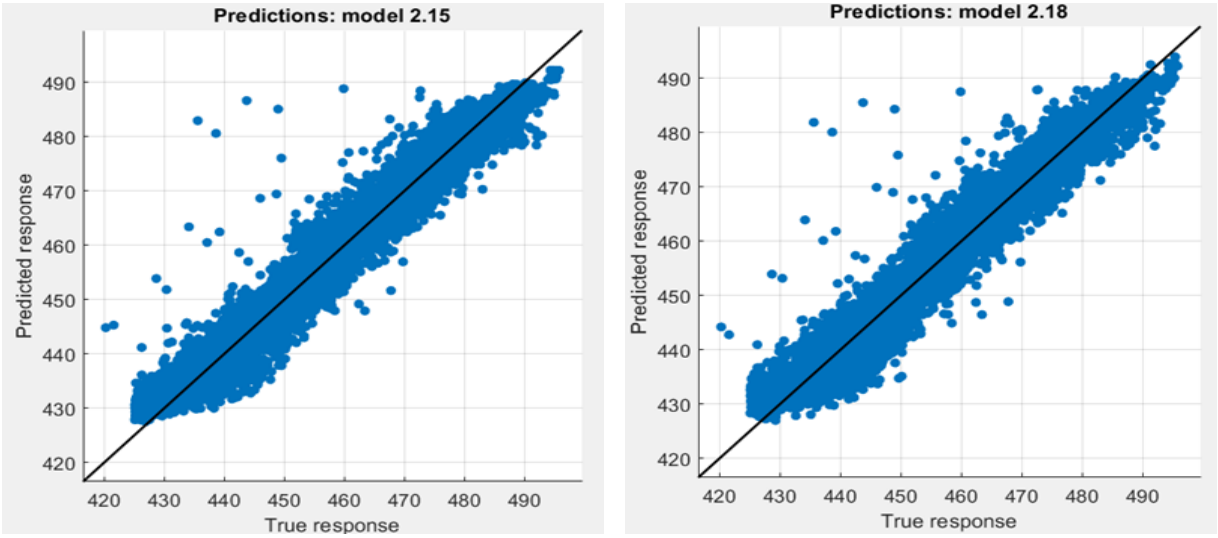
Потенциальный выброс считается реальным если расстояние Кука и показатель DFFITS принимают определенные значения. Например, расстояние Кука сравнивается с показателем F-распределения (процентилем уровня, равным 50%, значением $p+1$, значением $n-p-1$), а показатель DFFITS с результатом выражения $2\sqrt{(p+1)/n}$.

Подготовленные таким образом данные использовались для обучения и тестирования искусственной нейронной сети. Результат идентификации выбросов составил 100%, т.е. все выбросы были определены верно. Среди 100 элементов выборки 9 выбросов идентифицированы верно, также как и 91 элемент, который к выбросам не относится.

И, наконец, заключительным этапом является нормализация данных.

4 Прогнозирование значений параметров

В качестве примера прогнозирования значений параметров покажем прогнозирование мощности Y в зависимости от значений X_1 и X_2. Для выбора наиболее подходящего метода прогнозирования были исследованы искусственные нейронные сети, SVM и алгоритм бэггинга деревьев принятия решений. На рис. 5 представлены результаты прогнозирования.



а) метод бэггинга деревьев решений *б) SVM-метод*

Рис. 5. Результаты прогноза с помощью различных методов

При использовании алгоритма бэггинга деревьев решений и SVM-алгоритма, среднеквадратичное отклонение прогнозируемой величины составило 3.4487 и 3.5648 МВт соответственно, а применение искусственных нейронных сетей показало результат 3.4271 МВт. При этом именно нейронные сети показали наименьшее время получения результата.

Заключение

Разработана структура системы предиктивной аналитики для крупномасштабных энергетических систем. Прогностические возможности системы могут использоваться для прогнозирования значений различных технологических параметров, которые являются характеристиками технического состояния оборудования энергетики. Решена задача подготовки данных для использования в системах предиктивной аналитики. В качестве базового математического аппарата применяется высокоэффективные методы искусственных нейронных сетей, которые обеспечивают высокую точность прогнозирования при требуемой скорости получения прогноза.

Литература

1. *Wang J., Zhang W., Shi Y., Duan S., Liu J.* Industrial Big Data Analytics: Challenges, Methodologies, and Applications. 2018 : [Электронный ресурс] Режим доступа : https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1807/1807.01016.pdf.
2. *Chidambaram V., Evans H., Etheredge K.* Big Data: Is the Energy Industry Starting to See Real Applications? // Supply Chain Management Review. 2015. No. 12. P. 62-64.
3. *Silipo R., Winters P.* Big Data, Smart Energy, and Predictive Analytics Time Series Prediction of Smart Energy Data. 2013. 2009. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://files.knime.com/sites/default/files/inline-images/knime_bigdata_energy_timeseries_whitepaper.pdf.
4. *Цуриков Г.Н., Щербатов И.А.* Применение промышленного интернета вещей на объектах энергетики // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2018. № 2. С. 97-100.
5. *Щербатов И.А.* Управление сложными слабоформализуемыми многокомпонентными системами. -Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2015. - 288. с.
6. *Литтл Р.Дж.А., Рубин Д.Б.* Статистический анализ данных с пропусками. - М.: Финансы и статистика, 1990. – 336 с.

7. *Злоба Е., Яцкие И.* Статистические методы восстановления пропущенных данных // Computer Modelling & New Technologies. -2002. - Vol. 6.- № 1. - Pp. 51-61.
8. *Абраменкова И.В., Круглов В.В.* Методы восстановления пропусков в массивах данных // Программные продукты и системы. 2005. № 2. С. 18-22.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГЭС С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ВЫДАЧЕ МОЩНОСТИ ПО СЕТЕВЫМ УСЛОВИЯМ

Александровский А.Ю., Волков Д.Н., Солдаткин А.Ю.
Национальный исследовательский университет "МЭИ", Россия, г. Москва
Красноказарменная улица, дом 14
ayaleksand@mail.ru

В условиях эксплуатации ГЭС в практике последнего времени имеют место случаи резкого изменения нагрузки, при которых выполненный проект выдачи мощности станции в энергосистему не отвечает сложившимся условиям.

Целью работы, выполняемой в университете, является разработка алгоритма определения недоиспользования мощностей при совместной работы ГЭС и ТЭС в многоводных условиях. В качестве расчетного примера рассматривается ОЭС Сибири.

Для успешной работы алгоритма необходимы данные по техническим и технологическим ограничениям для всех участвующих в работе станций

1.Предлагаемый алгоритм решения задачи сводится к следующей последовательности действий.

2.Выбор характерных суток для анализа;

Получение перспективных графиков электрических нагрузок за выбранные периоды;

3.Получение в разрезе выбранных характерных суток ограничений со стороны ГЭС и ТЭС (технического и технологического минимумов);

4.Нахождение зон работы электростанций всех видов в графиках электрических нагрузок:

a. Вписание в графики электрических нагрузок минимальных мощностей, необходимых для работы электростанций каждого вида (технических минимумов);
b. Вписание пиковой и полупиковой части мощности ГЭС;
c. Заполнение не занятых зон работы в суточном графике оставшимися мощностями ТЭС;

5.Определение недостаточных/избыточных мощностей ГЭС и ТЭС.

В связи с невысокой динамикой роста установленных мощностей ТЭС в ОЭС Сибири по данным «Схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2018-2024 гг.» в первом приближении для оценки взаимной работы ТЭС и ГЭС в многоводные периоды можно использовать отчетные показатели (в дальнейшем, они могут быть скорректированы на величины аналогичных показателей вновь вводимых ТЭС и/или АЭС).

Анализ проведится для двух характерных периодов:

1.Средний рабочий день января;

2.Средний рабочий день июня;

В соответствии с приведённым алгоритмом проведен предварительный анализ для выбранных периодов.

Таблица 1 - Совокупные показатели участия ГЭС Ангаро-Енисейского каскада в покрытии графика нагрузки ОЭС Сибири (с учётом технического минимума ТЭС) для обеспеченностей объема стока Р 90 % и 10 %

Параметры, МВт	**Зима**		**Лето**	
	P = 90%	P = 10%	P = 90%	P = 10%
Максимальная нагрузка системы, МВт	29 655	29 655	23 507	23 507
Установленная мощность ГЭС, МВт	23 201	23 201	23 201	23 201
Гарантированная отдача ГЭС, МВт	8 702	11 359	11 734	17 153
Пиковая мощность ГЭС, МВт	6 253	8 908	8 231	7 303
Базовая мощность ГЭС, МВт	3 970	3 970	4 730	7 851

Параметры, МВт	Зима		Лето	
	P = 90%	P = 10%	P = 90%	P = 10%
Суммарная мощность ГЭС в графике нагрузки, МВт	10 223	12 878	12 961	15 154
Неиспользуемая мощность ГЭС, МВт	12 978	10 323	10 240	8 047
Прочие мощности в энергосистеме (АЭС/ТЭС), МВт	19 432	16 777	10 546	8 323
Холостые сбросы на ГЭС обусловленные техническим минимумом ТЭС, МВт·ч в сутки	0	0	0	76 690

Как видно из полученных результатов (см таблицу 1), в январе ограничения по режиму работы ТЭС не накладывают никаких ограничений на работу ГЭС. Однако, в графике июня, в котором влияние водности на режим работы ГЭС значительно выше, из-за требований по работе ТЭС, ГЭС не могут работать на полную мощность. Суточный объем недоиспользованной энергии в этом случае составляет 76 690 МВт·ч, что соответствует 3 195 МВт среденесуточной мощности. Данная мощность в рамках развития ОЭС Сибири, заложенного в СиПР, не будет востребована долгое время и может быть использована в иных целях. Одной из возможностей использования избыточной мощности ГЭС может быть передача ее в Европейскую часть ЕЭС России с различными целями, в том числе для компенсации работы ГЭС Волжско-Камского каскада в маловодные периоды.

Выводы

1. Длительная эксплуатация ГЭС приводит к значительному изменению условий их функционирования, что требует ведения постоянного мониторинга на всей территории влияния их водохозяйственной и энергетической деятельности.
2. Алгоритм позволяет оценить объём недоиспользования мощностей ГЭС в ОЭС. . В частности, оценка холостых сбросов на ГЭС Ангаро-Енисейского каскада, обусловленные техническим минимумом ТЭС в летний период составляет почти 77 тыс. МВт·ч в сутки.
3. Недоиспользованная мощность ГЭС Ангаро-Енисейского каскада в ОЭС Сибири может быть передана в европейскую часть ЕЭС России, например, для компенсации работы ГЭС Волжско-Камского каскада в маловодные периоды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда РНФ (грант 18-19-00662).

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ В КОНТРОЛЬНЫХ СЕЧЕНИЯХ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ПГУ ПРИ РАБОТЕ ЕЕ В МОТОРНОМ РЕЖИМЕ*[74]

Аракелян Э.К., Пикина Г.А., Мезин С.В. , Андрюшин А.В.

Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

г. Москва ул. Красноказарменная д.17

edik_arakelyan@inbox.ru

Аннотация: При моделировании учитываются особенности моторного режима – влияние параметров и расходов охлаждающего пара и пара, проникающего из концевых уплотнений, в проточную часть; распределение давления пара между отсеками и ступенями; теплообмен между паром ступени и наружным воздухом. Приведены расчетные выражения и алгоритм расчета температуры пара в контрольных сечениях турбины, дана оценка влияния предлагаемых уточнений на температурное состояние.

Ключевые слова: моделирование, паровая турбина, разбиение, отсеки и группы ступеней, моторный режим, особенности, алгоритм, температура, контрольное сечение.

[74] *Исследование выполнено за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) (проект №18-08-01090).*

В процессе эксплуатации парогазовых установок (ПГУ) большой мощности в режимах регулирования мощности выявились некоторые проблемы, характерные для оборудования ПГУ на частичных нагрузках, в частности: ухудшение экологических характеристик; заметное снижение экономичности работы газовых турбин и ПГУ в целом; снижение надежности работы паровой турбины и ряд других, что ограничивает регулировочный диапазон энергоблока. Для решения возникшей проблемы расширения регулировочного диапазона ПГУ в технической литературе приведены ряд технических предложений, в частности, в [1] предложен режим перевода паровой турбины Т-15/150 ПГУ-450 при прохождении провалов графиков электропотребления в моторный режим (МР), техническую возможность реализации которого показано в [1-3]. На основе газодинамических и энергетических уравнений потока пара в активной ступени паровой турбины для частного случая – беспарового моторного режима (с полным прекращением подачи пара в турбину, при постоянном давлении, без учета теплообмена с внешней средой и др.) получены уравнения, позволяющие оценить температуру пара и металла в переходном и стабилизированном режимах в ступени. Анализ результатов проведенных исследований на базе позволили выделить некоторые особенности процессов, характерные для паровых турбин при их работе в указанных режимах:

1.При переводе паровой турбины в моторный режим можно выделить три временных этапа работы паровой турбины: перевод турбины от исходного состояния в моторный режим; переходной режим от исходного состояния (после первого пункта) до стабилизации всех параметров; длительность переходных процессов зависит от мощности турбины, параметров и количества охлаждающего пара; стационарный режим работы всех элементов турбины и вспомогательных агрегатов;

2. Работа паровой турбины в беспаровом режиме приводит к быстрому разогреву части ступеней с относительно длинными рабочими лопатками, а небольшие присосы пара через уплотнения турбины не обеспечивают охлаждение от вентиляционного разогрева металла лопаток, выявлена необходимость подачи охлаждающего пара в проточную часть турбины;

3.Вся проточная часть одноцилиндровых и паровых турбин без промежуточного перегрева пара и ЦСД и ЦНД паровых турбин с промежуточным перегревом оказываются под давлением пара в конденсаторе;

4. При работе паровой турбины в моторном режиме с подачей охлаждающего пара определены условия работы ступени с выработкой мощности;

5. Выявлены основные параметры, влияющие на тепловые и гидродинамические процессы в ступенях паровых турбинах в беспаровом и моторном режимах;

6. В некоторых ступенях происходит вытеснение потока пара в периферийную часть лопатки с образованием вихревых потоков у корня лопаток, при этом при глубоком вакууме в конденсаторе обратный поток всасывается до направляющей лопатки последней ступени ЦНД турбины и сбрасывается с основным потоком пара в конденсатор без образования вихревых потоков.

7. Выявлены участки проточной части турбин, в частности, паровой турбины Т-125/150 ПГУ-450, в которых зависимость температуры пара по длине проточной части турбины линейная.

В настоящем докладе рассматриваются особенности гидродинамических процессов проточной части турбины в целом, при этом учитывая линейный характер изменения температуры пара по длине проточной части, считается возможным разбиение ее на группы ступеней или отсеков. Число отсеков выбирается с учетом мест поступления пара в проточную часть турбины (охлаждающие потоки пара и пар из уплотнений) и возможности измерения температуры и контроля температурного состояния проточной части турбины. При композиции моделирования – получения модели части турбины, состоящей из отсеков и группы ступеней, - принято решение использовать нелинейные динамические модели с сосредоточенными параметрами СП модели, что соответствует модели многоточечного приближения. При моделировании особенное внимание уделяется учету допущений, которые были приняты при упрощенном моделировании гидродинамических процессов в ступени паровой турбины, в том числе:

- влияния параметров и количества потоков пара, поступающего в проточную часть турбины через концевые уплотнения и пар на охлаждение на температуру пара в месте их поступления в проточную часть турбины;
- распределения давления пара по длине проточной части, в том числе с учетом роста давления пара на месте подачи охлаждающего пара;
- потерь тепла в окружающую среду через корпусные детали, в том числе с учетом конструктивных особенностей паровой турбины Т-125/150 ПГУ-450.

Для учета влияния параметров и количества потоков пара, поступающего из вне в проточную часть турбины на температуру пара, рассчитанной по упрощенной модели, получена следующая расчетная зависимость:

$$t_{CM} = t_{ПО}\left(\frac{1+g_B\frac{t_B}{t_{по}}\frac{c_B}{c_{ПО}}}{1+g_B}\right)\frac{c_{ПО}}{c_{CM}},$$

где $h_{ПО}$, h_{CM}, -теплосодержание (энтальпия) основного пара до и после смешения потоков; h_B - теплосодержание пара внешнего потока в точке смешения; $g_B = G_B \big/ G_{ПО}$ -относительный расход внешнего потока пара; $G_{ПО}, G_B$ - расходы пара основного и внешнего потоков; c_B, $c_{ПО}, c_{CM}$ - теплоемкости пара внешнего, основного потоков и после смешения.

Анализ приведенной зависимости показывает, что учет данного фактора (при примерно одинаковых значениях теплоемкостей внешнего и основного потоков пара) может снизить температуру основного потока пара перед ступенью (при $\frac{t_B}{t_{ПО}} < 1{,}0$) , а может увеличить ($\frac{t_B}{t_{ПО}} > 1{,}0$). Проведенные расчеты показали, что наибольшее влияние на температуры пара перед ступенью оказывают потки пара, поступающие в проточную часть из концевых уплотнений. Для исключения такого влияния параметры пара на концевые уплотнения необходимо выбирать таким образом, чтобы выполнялось условие $\frac{t_B}{t_{ПО}} = 1{,}0$.

Для учета распределения давления пара по отсекам турбины, необходимое для расчета температуры пара и металла при известных расходах пара на базе формулы Стодола-Флюгеля предложены методика и алгоритм расчета для прямоточного и противоточного движения охлаждающего пара. Алгоритм расчета разработан также для оценки требуемых расходов пара через отсеки при известном распределении давлении пара по отсекам турбины. Для учета теплообмена между паром и внешней средой приведена методика усреднения коэффициента теплопередачи и параметров пара по группе ступеней или отсека. Применительно к паровой турбине Т-125/250 предложен подход к учету ее конструктивной особенности.

Для расчета температуры пара в ступени и на выходе из ступени предложена зависимость, полученная с использованием математической модели ступени паровой турбины, приведенной в [3] с учетом вышеприведенных уточнений. Расчеты, проведенные применительно к проточной части паровой турбины Т-125/150 показали, что приведенные выше уточнения при расчете температуры пара и металла в выделенных контрольных сечениях проточной части турбины позволяют более точно отразить гидродинамические особенности работы ступеней в моторном режиме на их температурное состояние. Так, например, сделан важный вывод, что при прочих равных условиях учет положительной работы ступени приводит к снижению температуры пара за ней в пределах до 15 градусов, а уточнение распределения давления пара между отсеками при изменении давления охлаждающего пара оказывает влияние только на ближайшие 1-2 ступени от места подачи пара и т.д.

Литература

1. *Аракелян Э.К., Андрюшин А.В. Мезин С.В., Косой А.А.* Особенности моделирования гидродинамических процессов в паровых турбинах ПГУ большой мощности при их работе в нерасчетных режимах //Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): материалы Одиннадцатой междунар. конфер., 1 - 3 окт. 2018 г., Москва: в 2-х т. / Ин-т проблем упр. им. В.А.Трапезникова. т.1. Стр. 436-439
2. *Arakelyan E.K., Andryushin A.V., Andryushin K.A.* Increased reliability, manoeuvrability and durability of steam turbines through the implementation of the generator driving mode. — WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol. 205, 2016 WIT Press, p. 95-105
3. *Аракелян Э.К., Старшинов В.А.* Повышение экономичности и маневренности оборудования тепловых электростанций.М.: Изд-во МЭИ, 1993.-328с.

ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТИ АСУТП ЭНЕРГОБЛОКОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ПТК

Аракелян Э.К., Андрюшин А.В., Мезин С.В., Косой А.А.

Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт", Россия, г. Москва ул. Красноказарменная д.14

edik_arakelyan@inbox.ru, kosoy@pm.me

Аннотация: Рассмотрены актуальные проблемы определения оптимальной степени интеллектуальности АСУТП энергоблоков, предложено иерархическое распределение задач по уровням автоматизации, рассмотрены плюсы и минусы от повышения степени интеллектуальности на разных уровнях, причём чем выше мы поднимается по иерархии управления, тем больший экономический эффект получаем от повышения степени интеллектуальности, но и сложность решения задач тоже возрастает.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, регулирование, оптимальное управление, технологические процессы, станционный и блочный уровни, степень интеллектуализации.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №19-19-00601).

Введение

В проектируемых АСУТП, которые базируются на принципах децентрализованного сбора, хранения, обработки и использования информации, применяются "методы интеллектуализации" АСУТП.[1] Создание такой интеллектуальной АСУТП для всей станции в будущем гипотетически возможно, но затратно и экономически нецелесообразно. Поэтому предлагается следующий подход: разделить всю АСУТП по иерархическим уровням на взаимосвязанные группы, а степень интеллектуальности всей системы АСУТП рассматривать как сумму интеллектуальности отдельных интеллектуальных систем, связанных между собой технологическим процессом. Для каждой отдельной группы мы предлагаем создавать блок взаимосвязи регуляторов, находящимся в этой группе технологического процесса, на базе нейронных сетей. Для обучения нейронной сети можно использовать многолетние архивные данные с АСУТП самого объекта. Для тестирования полученной сети допускается использовать математическую модель, но лишь для качественной оценки адекватности результатов обучения, а не для корректировки или переобучения сети. При обучении различных сегментов интеллектуальной АСУТП, увеличение глубины среза архивных данных повысит качество последующей работы, особенно при включении в структуру разрабатываемой сети слоя учета изменения параметров объекта управления от срока и интенсивности эксплуатации. Допустимая глубина среза ограничивается датой крайнего физического изменения структуры объекта управления, например при ремонте/модернизации или выводе отдельных технологических участков из эксплуатации. Такие реальные физические изменения в объект управления виртуальная система управления может весьма оперативно отследить, даже локализировав оператору область, где ее модель перестала работать, но мгновенно переобучиться под оптимальное управление измененным объектом она не может.

В данном докладе рассматриваются оптимальная степень интеллектуальности на различных иерархических уровнях системы.

На нижнем иерархическом уровне предлагается ввести максимально возможное использование интеллектуальных датчиков и интеллектуальных исполнительных механизмов для ответственных технологических участков. Полная замена обычных контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА) на интеллектуальные не оправдана с финансовой стороны, так как интеллектуальные датчики имеют свои недостатки, особенно в части резервирования, и сугубо с практической стороны отсутствием эффекта от замены и внедрения интеллектуальных КИПиА для, например, автоматизации дренажных приямков. Предполагаемые задачи на данном уровне – текущая обработка информации в онлайн режиме, самодиагностика, определение достоверности и работоспособности. Это стандартные задачи, с которыми интеллектуальные КИПиА справляются лучше. К этим задачам нужно добавить самодиагностику, выдачу рекомендаций по замене датчика и локальное распознавания ложных сигналов в части решения проблем информационной безопасности АСУТП станции.

На уровне регуляторов предполагается в онлайн режиме отслеживать тренды, определять необходимость самонастройки, особенно в переходных режимах энергоблока Важно своевременно выявить состояние регулятора с точки зрения его работоспособности, при необходимости производить корректировку настроек регулятора с точки зрения оптимальности. Для ответственных технологических участков в режиме советчика. Для обычных интеллектуальных регуляторов –

самонастройка лишь с информированием оператора. Наиболее быстро развивающимся и весьма перспективным является направление, связанное с применением технологий искусственного интеллекта, которые включают в себя нейронные сети, экспертные системы, нечеткую логику и др. [3, 4]. Пример структуры интеллектуального регулятора представлен на рис.1:

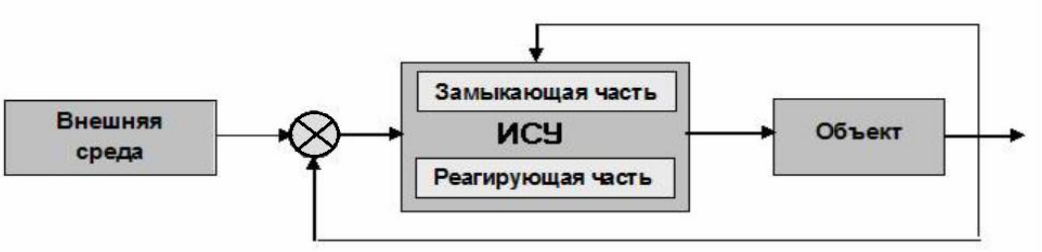


Рис. 1 Интеллектуальный регулятор

Задачей регулятора является согласование объекта управления и внешней среды. В состав внешней среды входят объекты (или субъекты), оказывающие возмущающие воздействия на объект управления. При синтезе реагирующей части регулятора учитываются свойства объекта управления и требования к качеству переходных процессов, возникающих при внешних воздействиях и требуется непрерывная корректировка виртуальной модели по принципу серого ящика рис.2.

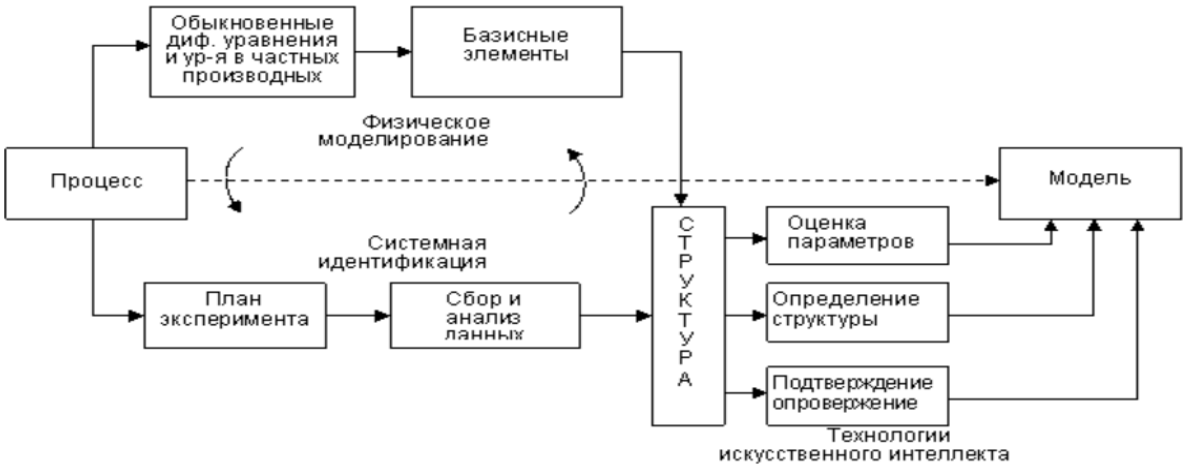


Рис. 2 Структурная схема моделирования «Серый ящик» [5].

Модель «серый ящик» в отличие от моделей «белый ящик» или «черный ящик», является сбалансированной системой, которая использует как физическое моделирование, так и опытные данные, полученные из анализа экспериментальных и эксплуатационных данных (идентификация системы). Модели «серый ящик» по своей сущности являются компромиссом между сложностью модели «белый ящик» и возможностями модели «черный ящик» по прогнозированию процессов.

В замыкающей части отражается созданный проектировщиком мыслительный образ набора алгоритмов, реализуемых при различных условиях реагирующей частью системы. Интеллектуальная система (ИС) может состоять из многих компонентов, обладающих элементами искусственного интеллекта. В пределе каждое техническое решение или программный алгоритм ИС могут рассматриваться как интеллектуальные средства, имеющие свои реагирующую и замыкающую части. Назначение последней — обеспечить устойчивое развитие не только данного средства в отдельности, но и всей системы в целом по отношению к изменениям внешней и внутренней среды. Одна из центральных проблем разработки сложных систем искусственного интеллекта — это проблема согласования между собой реагирующих и замыкающих частей отдельных интеллектуальных компонентов. Решение этой проблемы усложняется тем, что замыкающие части компонентов системы могут быть созданы с использованием разных технологий искусственного интеллекта. Поэтому для согласования реагирующих частей этих компонентов требуется свести решения, полученные с помощью разных технологий, к единой основе. В качестве такой основы могут быть выбраны нейросетевые методы и средства, поскольку с их помощью можно моделировать обучение правилам нечеткой логики, а также включить в их состав генетические алгоритмы.[5] Непрерывное

повышение качества работы отдельных регуляторов обуславливается не только увеличением точности математической модели в следствии использования нейронных сетей для анализа ОУ, но и согласованностью работы регуляторов через модуль взаимосвязи всех регуляторов. В этом и заключается идея повышения степени интеллектуальности АСУТП на уровне регуляторов.

Основная задача интеллектуальной АСУ на станционном уровне – освободить человека от необходимости следить за указаниями диспетчерского управления, создав систему автоматического выполнения указаний диспетчерского управления. Вторая, но не менее важная задача, это определение необходимости перераспределения текущей нагрузки между генерирующим оборудованием, включая задачу оптимизации и передачу команды на перераспределение нагрузки на конкретные блоки в автоматическом режиме без участия оператора. Необходимо добиваться максимально оперативного решения общестанционных задач силами интеллектуальной АСУТП, для этого можно использовать предиктивные и прогностические алгоритмы. Также на этом уровне система должна следить за работой многочисленных интеллектуальных регуляторов и определять во всём объёме исходной информации актуальную и достоверную информацию и обрабатывать её с точки зрения информационной безопасности. Часть этой работы выполняется на нижнем уровне, но на станционном уровне объёмы информации и производительность технических средств позволяет подойти к этой задаче глобально.

Одним из инструментов по выполнению заявленных выше целей повышения интеллектуальности АСУТП современной электростанции является создание и использование цифровой копии реальной станции, которая полностью бы описывала все технологические процессы производства энергии. С ее помощью можно будет подбирать состав генерирующего оборудования, параметры работы различных установок, добиваться оптимизации производства с учетом всех факторов влияния.

Литература

1. *Мандрусенко Г.И.* Принципы создания и разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами: Модели, методы, решения. – М.: Наука, 2000. – 618с.
2. *Биленко, В.А.* АСУТП как основа существенного повышения уровня автоматизации // Теплоэнергетика. – 2007. – №10. – С. 14-18.
3. *Li K., Thompson S., Wieringa P. A., Peng J., Duan G. R.* Neural networks and genetic algorithms can cupport human supervisory control to reduce fossil fuel power plant emissions // Cogn. Tech. Work. – 2003. – Vol. 5. – P. 107–126.
4. *Sehgal R., Marolda P. J.* Intelligent Optimization of Coal Burning to Meet Demanding Power Loads, Emission Requirements, and Cost Objectives. GE Power Systems GER-4198. – 2000.
5. *Ибрагимов И. М.* Использование систем искусственного интеллекта при эксплуатации энергетических объектов. // Научно технический журнал Надёжность и безопасность энергетики. – М.:НПО Энергобезопасность. 2008. – С.51-55
6. *Коган А.Б., Владимирский Б.М*. Проблемы космической биологии. Том 2. Функциональное состояние человека - оператора. Оценка и прогноз. Л., 1988.
7. *Аракелян Э.К., Андрюшин А.В. Мезин С.В., Сабанин В.Р., Косой А.А*. Подходы к повышению интеллектуальности АСУТП крупных электростанций путем решения оптимизационных задач блочного и станционного уровней. // Сборник трудов MLSD'2018 – 2018. – Том 2. – С. 315-322.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ ПРОГРАММ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Бородин В.А.[1], Андрюшин А.В.[2], Проталинский О.М.[2], Ханова А.А.[1]

[1]Астраханский государственный технический университет, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева д.16

[2]Московский энергетический институт, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная д.14

vitkt@yandex.ru, andriushinav@mpei.ru, protalinskiy@gmail.com, akhanova@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрена проблема планирования ремонтной программы на крупных энергетических предприятиях, предложена многоэкспертная система поддержки принятия решений. Рассмотрены два основных подхода для получения знаний, построена модель классификации. Предложены различные подходы взаимодействия базы знаний и исторических данных. Разработан алгоритм взаимодействия между базой продукционных правил и системой предиктивного анализа, проведён эксперимент на классической задаче классификации.

Ключевые слова: многоэкспертные системы, предиктивный анализ, машинное обучение, энергетика, ремонтная программа.

В настоящее время энергетика является одной из самых высокоёмких отраслей промышленности. Отказы оборудования в этой отрасли приводят к серьёзным экономическим потерям и отрицательным социальным последствиям. Важную роль в снижении этого фактора играют системы управления производственными активами энергетических предприятий [1]. Основной целью функционирования таких систем является обеспечение заданного уровня надёжности или производственных рисков при удовлетворении экономических требований. Одной из основных мер сокращения риска отказов оборудования является оптимальное планирование и реализация ремонтных программ. Высокая стоимость оборудования и широкое распространение энергетических технологий приводит к существенному сокращению затрат, что даёт значительный экономический эффект. Техническим последствием оптимизации ремонтных программ является обеспечение заданной надёжности, социальным – уменьшение рутинного труда и повышения квалификации персонала. При планировании ремонтных программ источником нормативной информации являются технологические карты, представляющие организационно-технологический документ, содержащий данные о затратах на проведение работ с целью ликвидации дефектов оборудования: количество материалов, необходимость использования машин и механизмов, квалификацию и объёмы трудовых ресурсов [2].

Соответствие дефекта оборудования технологическим картам зависит от признаков оборудования, места установки и других параметров. Для принятия решения разработчикам ремонтной программы необходимо знать соответствие между признаками объекта планирования и технологическими картами. Для крупных энергетических предприятий неавтоматизированный процесс создания ремонтных программ является малоэффективным: требует реализации большого количества правил работы с организационно-технологическими документам и во многом зависит от квалификации и опыта разработчика. Эти причины делают актуальным создание системы поддержки принятия решений (СППР) для составления ремонтной программы энергетического оборудования. Целью такой системы является повышение эффективности процесса планирования, за счет оптимизации ремонтных программ и удовлетворения экономических и технических показателей.

В качестве прототипа предлагается использовать многоэкспертную систему [3], включающую в себя продукционную базу знаний, построенную на основе знания и опыта экспертов, и статистическую обработку накопляемой информации, на основе предиктивного анализа. Сочетание этих компонентов позволяет учесть возможную неполноту и некорректность экспертных правил, как результат влияния человеческого фактора, и недостаток исторических данных, собранных во время эксплуатации оборудования. Таким образом, задачу определения способа сопоставления технологических карт обнаруженным дефектам предлагается решать на основе предыдущих сопоставлений: накопленные в результате эксплуатации исторические данные, и экспертных знаний.

Достаточный набор статистических данных позволяет достичь высокой точности решения, обучение классификаторов производится существенно быстрее, чем формализация продукционных правил экспертами. При этом качество классификаторов сильно зависит от объёма выборки и достаточного количества признаков – отсутствие данных приведет к серьезному снижению точности классификации. Накопление достаточного объема выборки исторических данных может занимать достаточно продолжительное время. Экспертная информация не требует продолжительного сбора и может быть основана на нормативных и внутрикорпоративных документах, а также на знаниях и опыте эксперта. База продукционных правил требует постоянной актуализации, в то же время статистическая выборка более гибка: переобучение может осуществляться при накоплении нового наборе данных. Реализацию статистического подхода предлагается осуществить с использованием предиктивного анализа на основе машинного обучения, а экспертной информации в виде базы продукционных правил на основе известных методов обработки экспертных знаний.

Задача сопоставления технологических карт дефектам может быть описана в виде концептуальной модели:

$$Tcrd = f(Dfs, Attrs_1 \dots Attrs_n),$$

где $Dfs \subseteq \{Df_1, Df_2 \dots Df_m\}$ – подмножество дефектов, выявленных у единицы оборудования, принадлежит множеству типовых дефектов; $Tcrd = f(Dfs, Eqt)$– подмножество технологических карт для устранения данных дефектов; $\forall Attrs_n \in \{\{Attr_n\}\}$ – аргументы функции, соответствующие значимым для сопоставления атрибутам. Каждый аргумент принадлежит своему множеству допустимых значений: $Eqt \in \{Eqt_1, Eqt_2 \dots Eqt_n\}$ – тип оборудования принадлежит множеству типов

оборудования. В качестве атрибутов используются характеристики оборудования или дефекта: географические координаты расположения оборудования, время обнаружения дефекта и другие.

Сформулированная выше задача сопоставления технологических карт может быть представлена как задача классификации с пересекающимися классами (multi-label classification), для решения которой используют подход «один против всех» (one-vs-rest). При таком подходе для каждого класса создаётся свой бинарный классификатор. Идентификации математической модели осуществлялась на основе данных о плановых показателях ремонтной программы одного из филиалов «МРСК Северного Кавказа». Данные включали в себя информацию о единице оборудования, наборе дефектов в заказе и назначенных технологических картах. В первом эксперименте использованы только наборы дефектов и технологических карт. Множества дефектов и технологических карт упорядочены, а заказы представлены в виде логической матрицы. Данные заказов на ремонт разбиты на тестовую и обучающую выборки. Для проверки возможности автоматического обучения протестировано несколько классификаторов – деревья принятия решений, байесовский классификатор, многослойный персептрон (число скрытых слоёв – 50). Для каждой технологической карты создан классификатор, обученный на заказах для определения необходимости использования технологической карты при данном наборе дефектов. По результатам классификации вычислены метрики – доля верно классифицированных объектов, точность, полнота, F-мера. Для обобщения результатов всех классификаторов выбрана концепция микро-усреднения.

Все классификаторы показали высокий процент правильно классифицированных объектов – около 80-90%. Значение остальных метрик оказалось низким. Добавление информации о типе оборудования незначительно улучшило результаты. При подробном анализе найден 441 заказ, для которых одинаковый набор дефектов приводит к разным наборам технологических карт. Исторических данных, зарегистрированных системой учёта, оказалось недостаточно для эффективного решения задачи. Помимо проблемы с конфликтующими результатами прослеживается зависимость качества классификации технологической карты от количества заказов, в которые она входит. Для решения проблемы предложена концепция объединения двух подходов – машинного обучения и базы продукционных правил. Объединение дополняет подходы – с одной стороны, в случае недостатка статистических данных система может пользоваться экспертными знаниями, с другой – неточности в правилах могут быть исправлены машинным обучением. В разработанной системе поддержки принятия решений взаимодействие базы знаний и машинного обучения регламентируется ещё одной экспертной системой (метаправила). В соответствии с ними при обнаружении конфликтующих сэмплов или недостатке исторических данных, используется информация из базы продукционных правил, при отсутствии знаний в базе используются классификаторы.

Если существует достаточное количество статистики для работы классификаторов и база правил обладает большим объёмом знаний, результат её работы представляется как результат классификатора. В машинном обучении известен ряд алгоритмов (комитет машин), объединяющих результаты нескольких классификаторов. Они делятся на статические и динамические. К статическим алгоритмам относят ансамблевые методы и бустинг. Ансамблевые методы предполагают независимое обучение классификаторов и последующее объединение результатов. Результаты могут быть усреднены, выбраны голосованием. В разработанной системе поддержки принятия решений база знаний объединена с классификаторами взвешенным голосованием.

Знания классификаторов, возникшие в результате обучения, можно импортировать в базу продукционных правил. Деревья принятия решений хранят информацию в виде дерева логических правил и имеют объяснительную способность. В случае ручного режима импорта пользователю предлагается набор правил. Он может переносить их из дерева принятия решений в базу знаний. Использование метода затрудняет то, что данные в деревьях принятия решений не всегда имеют понятный пользователю вид, так как вычислены с помощью статистики. Данный подход реализован в системе поддержки принятия решений как аналитический инструмент – пользователь может просматривать обученные деревья принятия решений и изменять правила экспертной системы в соответствии с ними. Реализована проверка соответствия продукционных правил и результатов классификации. В этом случае весь набор исторических данных проходит через правила базы знаний экспертной системы. Пользователь информируется о несовпадении результатов, после чего он может вносить корректировки в правила либо помечать исторические данные как неактуальные.

В виду отсутствия базы знаний для набора данных заказов принято решение проверить модель на известной задаче классификации. Одна из классических задач – ирисы Фишера. Это набор данных для задачи классификации, 50 экземпляров из трёх видов ириса. Для каждого экземпляра измерялись

четыре характеристики. Входные данные разбиты на обучающий и тестовый наборы. Для имитации конфликтующих данных при обучении классификаторов использованы только первые два признака. В данных присутствуют сэмплы, где при одинаковых длине и ширине наружной доли околоцветника результатом являются разные виды ириса. Конфликтующие данные исключены из обучающей и тестовой выборки, учитываются в метриках как верно рассчитанные (имитация передачи конфликтующих данных в экспертную систему). Важным вопросом является имитация базы продукционных правил. Наиболее близкий к продукционной модели классификатор – дерево принятия решений. Для воссоздания неполных, но точных данных, дерево обучено на всех четырёх признаках. Для трети сэмплов обучающей выборки решения от дерева не принимались (имитация отсутствия правил для части данных). Весами классификаторов являлись значения доли верно классифицированных объектов, для «базы знаний» вес принимался за единицу. Эксперимент повторён 100 раз, результаты усреднены.

Вместе с конфликтующими сэмплами байесовский классификатор и многослойный персептрон показали около 76% и 70% верно классифицированных объектов. Исключение сэмплов из выборки повысило значение метрики до 82% и 81%. Доля верно классифицированных объектов дерева принятия решений, используемого для имитации базы знаний, составила 95%, с учётом исключения трети выборки 69%. Значение метрики для всей системы – 88%.

Исследование показало высокую эффективность объединения методов машинного обучения и базы продукционных правил. В дальнейшем функционал системы может быть расширен другими способами взаимодействия – автоматическим импортом правил из деревьев принятия решений в базу знаний или более эффективным алгоритмом объединения результатов.

Литература

1. *Проталинский О.М., Проталинский И.О., Кладов О.Н.* Система оптимального управления производственными активами энергетических предприятий // Автоматизация и IT в энергетике. 2017. №4 (93).
2. *Яцура А.И*. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник. М.: НЦ ЭНАС, 2006.
3. *Аведьян Э.Д., Ле Тхи Чанг Линь* Процедуры оптимального голосования в многоэкспертных бинарных системах // Труды МФТИ. 2017. №4 (36).

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЭФФЕКТОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И СТРАТЕГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Веселов Ф.В., Хоршев А.А., Соляник А.И.

Институт энергетических исследований Российской академии наук,
г. Москва, ул. Нагорная, д. 31, корп. 2
erifedor@mail.ru , info@eriras.ru

Аннотация: Представлен подход к обоснованию стратегических решений по технологической перестройке электроэнергетики на основе многокритериальной оценки эффектов, формируемой по результатам использования оптимизационных моделей для выбора перспективной структуры генерирующих мощностей и финансово-экономических моделей для оценки финансовой обеспеченности производственных сегментов отрасли.

Ключевые слова: электроэнергетика, стратегические решения, многокритериальная оценка, оптимизационные модели, финансово-экономические модели.

В контексте требований Закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» задачи управления развитием электроэнергетики, включая и формирование перспективной структуры генерирующих мощностей, должны решаться в тесной увязке с целевыми установками ряда документов, таких как Энергетическая стратегия, Прогноз научно-технологического развития, Долгосрочный прогноз социально-экономического развития, Климатическая доктрина и др.

Это требует совершенствования существующих подходов к обоснованию и реализации стратегических решений в электроэнергетике, которые обеспечили бы максимально полный учет и гармонизацию всей системы требований, касающихся энергетической безопасности, энергетической эффективности, экологической приемлемости, темпов технологического обновления, ограничения ценовой нагрузки на потребителей электроэнергии в пределах, не приводящих к снижению их

конкурентоспособности, в том числе, на мировых рынках, и не ухудшающих жизненный уровень населения.

Традиционно стратегическое, долгосрочное планирование в электроэнергетике осуществляется, исходя из критериев общественной эффективности, в частности – при минимизации совокупных дисконтированных затрат на энергоснабжение экономики (метод least-cost planning). Однако с учетом вышеупомянутых требований, такой подход требует трансформации, дополнения многокритериальной оценкой вариантов развития электроэнергетики, позволяющих выбрать наилучший из них с учетом всей системы разнородных и нередко противоречивых требований со стороны национальной системы стратегического планирования.

Для этого был сформирован сравнительно небольшой перечень количественно измеряемых показателей (индикаторов), охватывающих всю систему вышеупомянутых требований, в том числе:

- индикаторы обновления производственной базы: доля заменяемой и новой мощности, вводимой на базе современных технологий, в суммарной установленной мощности электростанций ЕЭС России;
- индикаторы энергетической эффективности: средневзвешенный удельный расход топлива на тепловых электростанциях (ТЭС), потери в электрических сетях, а также доля ТЭЦ, как наиболее эффективной технологии энергоснабжения, в структуре производства централизованного тепла;
- индикаторы диверсификации энергетического баланса: доля неуглеродных электростанций (атомных, гидро- и возобновляемых) в структуре производства электроэнергии ЕЭС России и доля газа в структуре потребляемого топлива на ТЭС;
- индикаторы углеродоемкости производства: удельная эмиссия CO_2 на единицу вырабатываемой электроэнергии;
- индикаторы ценовой нагрузки: средний за период темп роста среднеотпускной цены электроэнергии и его отношение к аналогичному показателю роста цены газа, как основного энергоресурса для отрасли;
- индикаторы бюджетной эффективности: доля налогов в структуре выручки отрасли, характеризующая вклад электроэнергетики в формирование бюджета.

Количественные значения данных индикаторов определяются по результатам модельных расчетов, которые выполняются при прогнозе параметров структуры производственной структуры электроэнергетики. При использовании созданного в ИНЭИ РАН модельно-информационного комплекса SCANER [1] эти расчеты на регулярной основе выполняются с помощью:

- оптимизационной модели развития электроэнергетики (EPOS), расширенной блоками балансов по основным видам топлива для электростанций (газ, мазут и энергетические угли) [2];
- системы финансово-экономических моделей электроэнергетики и ее подотраслей для определения необходимого объема инвестиционных ресурсов и их источников в увязке с прогнозной динамикой цен электроэнергии и тепла [3].

Применение предложенного многокритериального подхода позволяет оценить возможные и рациональные (с точки зрения всей системы индикаторов) масштабы структурной перестройки электроэнергетики при реализации тех или иных приоритетов в энергетической, технической, экологической, ценовой политике в отрасли. Кроме того, модельные расчеты позволяют определить чувствительность отдельных индикаторов к изменению других, а также выстроить наилучшие стратегии адаптации (перехода к другим вариантам) при изменении внешних условий.

Для этого отдельные индикаторы (технологического обновления, энергоэффективности, энергобезопасности, углеродоемкости) могут быть заданы в качестве дополнительных ограничений в оптимизационной модели. Индикаторы ценовой нагрузки и бюджетной эффективности могут быть заданы в качестве входных условий в системе производственно-финансовых моделей. В результате могут быть определены предельные капиталовложения, которые в виде дополнительного ограничения, могут быть учтены в оптимизационной модели – с последующей оценкой по решению остальных индикаторов.

Для апробации подхода были исследованы и сопоставлены друг с другом характеристики различных вариантов технологического обновления тепловых электростанций до 2040 г. при консервативном уровне электропотребления (со среднегодовым ростом около 1 % в год), показана реалистичность варианта масштабного перехода на новые технологии ТЭС на газе и угле, обеспечивающего существенное улучшение энергетической эффективности и снижение экологической нагрузки в электроэнергетике при незначительном ухудшении ценовых индикаторов.

С другой стороны, были исследованы варианты адаптации электроэнергетики к более высоким уровням спроса на электроэнергию (около 3 % в год), которая реализуется преимущественно за счет более активного развития неуглеродных типов электростанций, обеспечивающих основной прирост спроса. При этом показано, что наряду с ожидаемым улучшением значений индикаторов технологического обновления, энергоэффективности, углеродоемкости, энергобезопасности, создаются условия и стабилизации ценовой нагрузки – за счет сдерживания роста топливных затрат и существенного удешевления новых, неуглеродных технологий, под влиянием НТП.

Литература

1. *Макаров А.А.* Модельно-информационная система для исследования перспектив энергетического комплекса России (SCANER) / В кн. Управление развитием крупномасштабных систем. Под общ. Ред. А.Д.Цвиркуна. М.: ИПУ РАН. 2012. С. 102-184.
2. *Макаров А.А., Веселов Ф.В., Макарова А.С., Хоршев А.А.* Использование оптимизационного инструментария в задачах долгосрочного развития топливно-энергетического комплекса и энергетических рынков. / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012). Труды Шестой международной конференции (ежегодный сборник). Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. М.: ИПУ РАН. 2012. С. 313-323.
3. *Veselov F.V., Solyanik A.I.* Methodological approach for harmonization of the investment and pricing policy options in the electric power industry / Proceedings of 2017 10th International Conference Management of Large-Scale System Development, MLSD 2017. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109704.

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В НЕПРОЕКТНЫХ РЕЖИМАХ

Гашо Е.Г., Киселева А.И., Романов Г.А.

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, г. Москва
Красноказарменная улица, дом 14
290461@bk.ru, sashulka_kiseleva@mail.ru

Аннотация: Предложен комплексный показатель качества, позволяющий спрогнозировать состояние системы и предельный срок ее эксплуатации. Разработанный показатель может быть применен для любых тепловых сетей: как для паровых, так и для водяных. На основании полученного показателя можно разрабатывать рекомендации для улучшения качества теплоснабжения.

Ключевые слова: квалиметрия, промышленные теплоэнергетические системы, качество продукции, системы пароснабжения, непроектные режимы.

Проблема качества теплоснабжения в научно-практическом плане представляется как система взаимосвязанных вопросов, решение которых направлено на разработку и совершенствование показателей и нормативов качества энергоснабжения. В связи с этой особенностью была принята попытка модернизация метода структурирования функции качества (QFD) с целью оценки эксплуатации уже существующих объектов промышленной теплоэнергетики. За основу было взято графическое отображение функции качества с некоторыми дополнениями и нововведениями.

В качестве объекта исследования была взята система пароснабжения г. Смоленска, представленная на рис.1.

Первоначально паропровод №5 от ТЭЦ-2 был спроектирован на комплекс промышленных потребителей, суммарная нагрузка составляла 90 т/ч. На данный момент нагрузка на паропровод составляет 24 т/ч, что говорит о том, что паропровод эксплуатируется в нерасчетном режиме. При попытке вывода из эксплуатации таких промышленных паропроводов генерирующие компании сталкиваются с серьезными трудностями как нежелание потребителей переходить на индивидуальные (альтернативные) источники тепловой энергии, что в свою очередь замедляет процесс вывода паровых сетей из работы со стороны городской администрации и других руководящих органов.

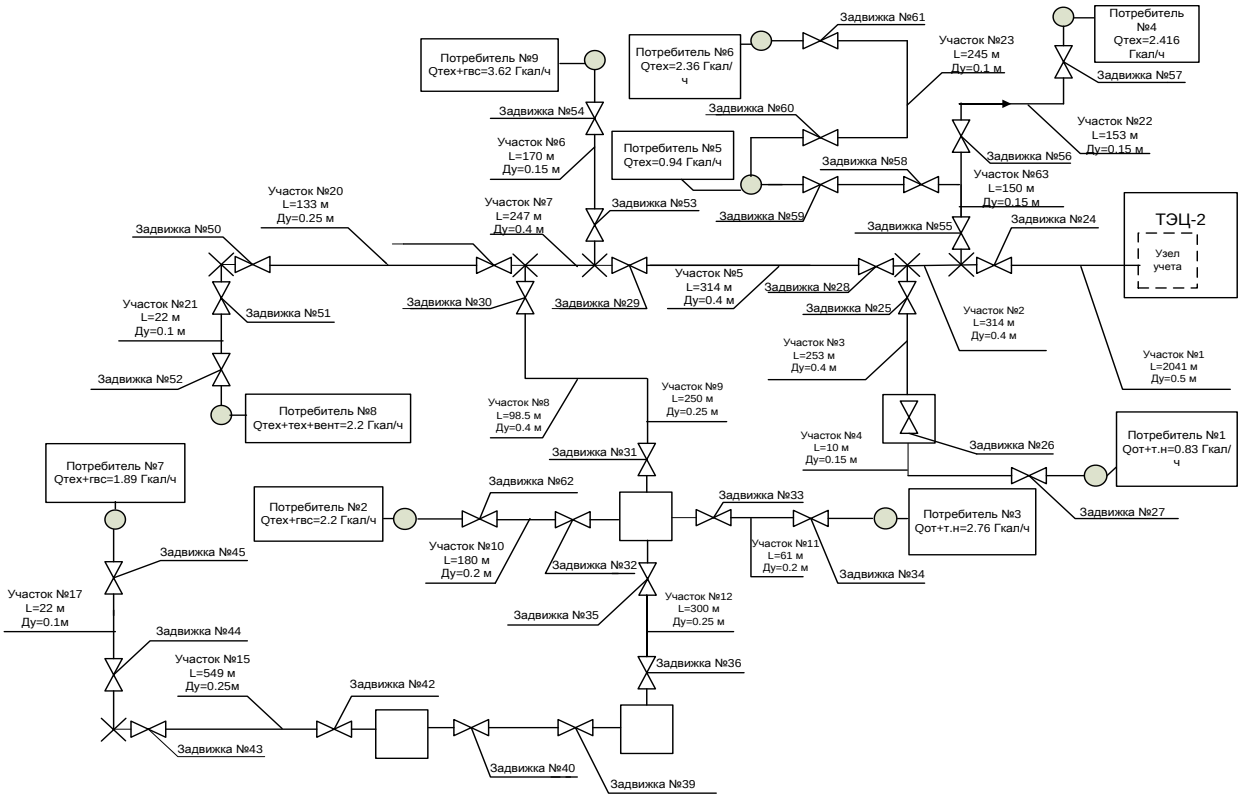


Рис. 1. Система пароснабжения г. Смоленска

При разработке комплексного критерия оценки качества тепловых сетей были решены следующие задачи: определение номенклатуры показателей качества для тепловых сетей, расчет показателей качества с целью оценки качества теплоснабжения, определение эталона «тепловой сети» для рассматриваемого объекта, определение комплексного показателя качества тепловых сетей.

При проведении анализа технической литературы, который представлял собой подсчет количества упоминаний по каждой группе показателей качества, было выявлено, что определение абсолютно всех показателей для объекта исследования излишне. Распределение весомостей показателей качества для тепловых сетей представлено на рис 2.

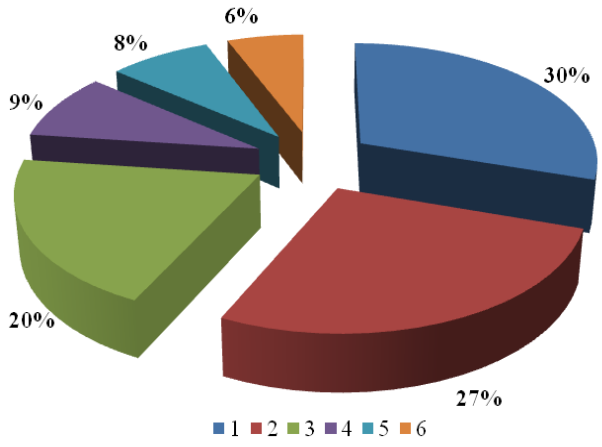


Рис.2. Распределение весомостей показателей качества для тепловых сетей.1 – показатели надежности, 2 – показатели назначения, 3 – экологические показатели, 4 – показатели технологичности, 5 – показатели экономного использования сырья, материалов и топлива, 6 – прочие показатели

Главным требованием при оценке качества любой продукции является наличие базового образца (эталона). Базовый образец должен относиться к оцениваемой продукции или аналогичной по назначению и условиям эксплуатации продукции [1]. Особенностью данного паропровода является

работа в нерасчетном режиме. На данный момент загрузка составляет ≈30% от расчетной, поэтому в качестве эталона был спроектирован паропровод на ту же нагрузку, что и оцениваемый объект, но с учетом экономической скорости движения пара. Для данного паропровода были рассчитаны те же показатели качества, что и для рассматриваемого объекта, а именно: показатели назначения (производительность, средняя температура, средний диаметр трубопровода, максимальная скорость теплоносителя и т.д.), показатели надежности (вероятность безотказной работы, коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения, среднее время до восстановления участков тепловой сети, годовой недоотпуск тепла), экологические показатели (доля тепловых потерь из-за нерасчетных температур, нормативные годовые потери теплоты через теплоизоляцию, нормативные годовые потери теплоносителя, фактические потери тепла и т.д.), показатели технологичности (материальная характеристика сети, рабочая вместимость паропровода, объем теплоизоляции, масса конструкции, занимаемая площадь, площадь поверхности теплообмена) и показатели экономного использования сырья, материалов и топлива (производительность на единицу занимаемой площади, удельная материальная характеристика сети, удельная длина тепловой сети, коэффициент полезного действия, расход тепловой изоляции на единицу продукции и т.д.). Расчеты проводились по основным термодинамическим зависимостям

Для определения качества тепловой сети был применен формальный подход, который осуществляется с использованием матричной диаграммы, названной в соответствии со своей формой «домом качества». Путем деления абсолютных значений единичных показателей исследуемого объекта на абсолютные значения базового образца были получены относительные значения показателей качества. В результате был определен комплексный показатель, представленный пунктирной линией на «крыше качества» (рис. 3) [2]. Группы показателей качества отображаются наклонными прямыми. Длина каждой прямой, характеризующей группу показателей, была определена весомостью при проведении литературного анализа (например, показатели надежности являются важнейшими показателями, поэтому линия, характеризующая эту группа самая длинная). На горизонтальной прямой расположены нулевые значения показателей. После нанесения относительных показателей качества, по методу наименьших квадратов была построена аппроксимирующая линия, являющаяся комплексным показателем качества паропровода, в общем. Уровень предельного теплоснабжения характеризует такое состояние системы, когда показатели качества превышают «эталонные» значения, регламентируемые нормативной документацией. С целью определения дальнейшей возможности эксплуатации паропровода №5 в непроектном режиме, были рассчитаны комплексные показатели качества на 2019-2020 гг. по существующей тенденции паропотребления. Предельно допустимый уровень качества тепловых сетей соответствует такому состоянию паропровода, при котором нарушены требования нормативной документации и паропровод перестает выполнять свою функцию – передачу качественного пара потребителям.

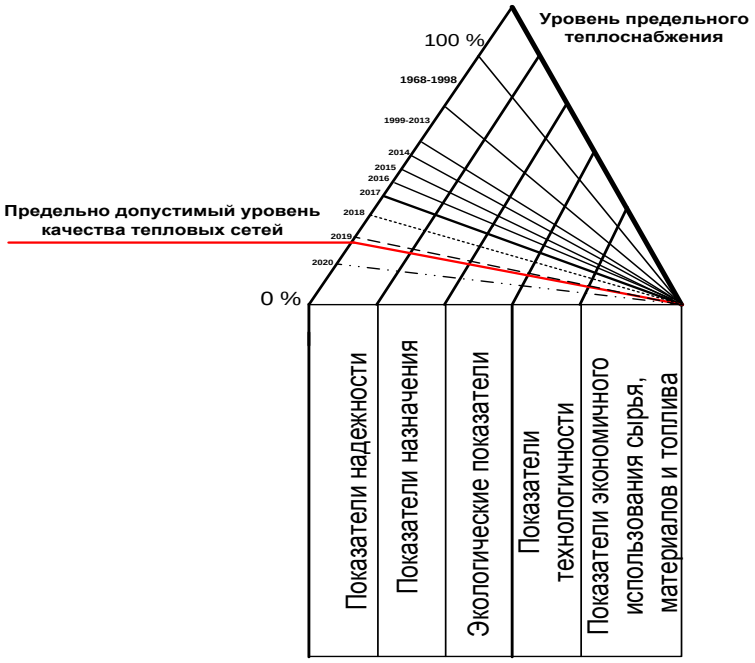


Рис. 3. «Дом качества» для тепловых сетей с годами эксплуатации

Главным плюсом разработанной методики оценки качества тепловых сетей является возможность прогнозирования предельного срока эксплуатации. Представленные результаты позволяют сказать, что на сегодняшний день нагрузка на паропровод №5, составляющая менее 30% от проектной, является критической. При сложившейся тенденции снижения промышленного паропотребления, предельным сроком эксплуатации исследуемого объекта является первая половина 2019 года, после чего за счет влияния комплекса показателей, паропровод на балансе филиала ПАО «Квадра» – «Смоленская генерация» будет технически непригоден для эксплуатации в непроектном режиме. Также достоверность применения комплексного показателя качества подтверждается аварией на магистральном участке паропровода, зафиксированная 10 января 2019 г. и приказ ТСК «О выводе из эксплуатации №5» о закрытии паропровода от 30.04.2019 г.

На основании полученного комплексного показателя можно разрабатывать рекомендации для улучшения качества систем теплоснабжения, давать оценку уровню эффективности транспорта тепловой энергии и прогнозировать предельный срок эксплуатации тепловых сетей при нерасчетных режимах.

Литература

1. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции – М.: Кнорус, 2015. – 287 с.

2. Киселева А.И., Фокин А.М. Влияние отдельных показателей на качество функционирования паропроводов. Материалы докладов I Поволжской научно-практической конференции / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2015.– 640 с.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Гребенюк Г.Г., Лубков Н.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
grebenuk@lab49.ru, lbknv@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются совокупность свойств, характеризующих технические системы, и факторы, влияющие на работоспособность технических объектов. Показано, что для анализа работоспособности территориально распределенных комплексов необходим учет внешних неблагоприятных воздействий, и требуется наряду с вероятностными моделями использовать ситуационный подход для поиска критических объектов и выявления наиболее опасных воздействий.

Ключевые слова: надежность, безопасность, уязвимость, анализ работоспособности, внешние неблагоприятные воздействия, критичность отказов.

Введение

К территориально распределенным комплексам принято относить крупные предприятия промышленной, топливно энергетической сферы, транспортные системы, информационные системы и системы связи, инженерные инфраструктуры и т.д., которые размещены на определенной территории. Возникает вопрос, начиная с какого момента, или иначе, с какого «размера» территории необходимо учитывать вид размещения на территории технических средств – основных объектов комплекса при анализе работоспособности.

Изменение работоспособности происходит вследствие неблагоприятных воздействий на систему, которые целесообразно представить двумя группами:

Внутренние факторы – отказы оборудования, неправильные действия персонала и т.д.;

Внешние факторы – воздействия природного или техногенного характера (часто нельзя исключать и злонамеренные действия). влияющие на работоспособность оборудования.

Если значимыми признаются только внутренние факторы, то комплекс в целом можно рассматривать как «сосредоточенный объект» и задача анализа работоспособности сосредоточенного объекта описывается в терминах теории надежности / эффективности / техногенной безопасности [1].

Если же игнорировать внешние факторы недопустимо, то следует рассмотреть два варианта их учета.

1. Воздействие фактора имеет «глобальный» характер, приводя однозначно к потере работоспособности системы. В этом случае анализ работоспособности проводится с учетом отказов по *общей причине*.

2. Воздействие фактора (факторов) имеет «локальный» характер, приводя к потере работоспособности отдельных элементов (объектов и/или связей), или их ограниченных совокупностей (групповому отказу).

С учетом вышесказанного, к территориально распределенным комплексам в плане анализа их работоспособности будем относить такие системы, в моделях которых необходимо представлены структура системы (объекты и связи), внутренние и локальные внешние факторы.

1 Характеристика территориально распределенных комплексов

1.Территориально распределенные комплексы (ТРК) представляют собой сложную многоэлементную систему. Элементы ТРК условно можно отнести к двум группам:

- Узловые элементы - функциональные элементы, в которых производится преобразование «рабочего продукта» и которые будем рассматривать как сосредоточенные объекты;
- Линии связи, обеспечивающие целостность системы и неразрывность общего технологического процесса.

2. Нарушение нормального функционирования отдельных элементов ТРК может приводить к недопустимому изменению технологических параметров на входе других элементов, что чревато возникновением более тяжелых последствий, включая каскадные процессы отказов в ТРК.

3. ТРК являются дорогостоящими системами, выходной эффект (как правило, объем выпускаемой продукции) которых может быть значительным. Поэтому для поддержания выходного эффекта на должном уровне принимаются специальные меры – используется структурное и иные виды резервирования, а также техническое обслуживание и ремонты.

2 Факторы влияния на функционирование, работоспособность и свойства систем

Работоспособность определяется согласно [2] как «состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Понятие работоспособности лежит в основе научно-технических дисциплин, изучающих свойства надежности, эффективности, безопасности, живучести/уязвимости (НЭБЖ-У) технических объектов/систем. Различия же этих дисциплин в части анализа работоспособности обусловлены в основном следующими обстоятельствами:

- Доминирующими механизмами, порождающими процессы изменения работоспособности и, соответственно, определяющими вид процессов;
- Различием принципов выделения характерных состояний (уровней) работоспособности;
- Использованием разных систем показателей указанных свойств объектов.

Все это предопределяет и специфику используемого математического аппарата и методов оценки показателей свойств.

В плане обеспечения заданного уровня НЭБЖ-У отличия обусловлены необходимостью использования различных мер для сохранения работоспособности, минимизации неблагоприятных последствий потери (снижения) работоспособности в оговоренных условиях эксплуатации объекта, а также различием механизмов (стратегий) восстановления работоспособности объекта или предотвращения дальнейшей ее деградации.

Рассмотренные свойства - надежность и эффективность – характеризуют функционирование системы в нормальных (определенных в ТУ на систему) условиях эксплуатации.

Свойства безопасности, живучести/уязвимости проявляются в условиях чрезвычайных ситуаций. Возникновение чрезвычайных ситуаций может быть обусловлено как внутрисистемными проблемами (опасные отказы оборудования, неверные действия эксплуатирующего персонала, ошибки проектирования и изготовления, и т.д.), так и внешними по отношению к системе неблагоприятными воздействиями (погодные условия, природные катаклизмы, умышленные вредные воздействия).

Внешние воздействия, их частота редко могут быть оценены статистически. Поэтому, в первую очередь, необходимо составить перечень ожидаемых (возможных) событий, по отношению к которым необходимо определить проектные мероприятия для предотвращения, устранения или локализации тяжких последствий. Защита от внешних воздействий особенно актуальна для территориально распределенных систем, поскольку рассредоточение элементов системы и связей между ними по большой территории усугубляет ситуацию – возрастает опасность (вероятность) возникновения внешних воздействий притом, что защитные мероприятия оказываются дорогостоящими и не всегда достаточно эффективными.

3 Показатели функционирования систем (выходного эффекта)

Номинальная производительность объекта/системы обеспечивается при стандартных (номинальных) условиях в течение длительной эксплуатации без расстройства режима его работы и при соблюдении заданных технологических параметров. Причины изменения работоспособности – естественные, обусловленные внутренней природой отказы техники (внезапные поломки и старение/износ оборудования) и внешние неблагоприятные воздействия. Обратный процесс восстановления работоспособности обеспечивается ремонтами отказавшего оборудования.

Каждой из возможных траекторий изменения работоспособности $x(t)$ соответствует график производительности, эксплуатационных затрат. Таким образом, для каждой траектории может быть определен «результат» F, т.е. «условный» показатель при условии, что процесс функционирования сопровождался подобным изменением работоспособности.

Показатель функционирования системы Пф на промежутке времени (0,Т) определяется по всей совокупности траекторий, т.е. как «ожидаемое» значение:

$$(1) \qquad П_ф = M\{F(x(0,T))\}$$

Оператор M математически обоснованно может быть определен, например, тогда, когда процесс $x(t)$ случайный; в этом случае оператор М соответствует математическому ожиданию функционала F. В таком виде могут быть представлены любые показатели надежности и эффективности.

В иных случаях используются различные процедуры формирования числовой оценки показателей в зависимости от имеющейся исходной информации и цели анализа.

4 Модели работоспособности систем и их представление

Большие территориально распределенные системы в большинстве случаев представляют собой совокупность «узловых» элементов, соединенных коммуникационно-технологическими связями.

Наиболее употребительные модели работоспособности имеют следующие представления.

1. Структурные блок-схемы, сетевые модели в виде графов – сочетаются с комбинаторными методами теории вероятностей.

2. Графы пространства состояний работоспособности системы. Данная модель позволяет отобразить несколько уровней работоспособности (многоуровневая модель). Наиболее часто предполагается, что случайный процесс переходов в пространстве состояний является марковским. В этом случае возможно аналитическое решение задачи расчета показателей надежности/эффективности (МПД-метод) [3].

3. Программно-алгоритмические модели для реализации метода статистического моделирования. Эти модели наиболее универсальны, но имеются определенные проблемы при оценке высоконадежных систем, что может потребовать использования специальных ускоренных алгоритмов моделирования [3].

5 Сценарный подход в анализе работоспособности

Внешние неблагоприятные воздействия, как указывалось, труднопредсказуемы в статистическом смысле. По этой причине объективно необходимо проводить отдельно анализ работоспособности в условиях внешних воздействий с использованием методологии сценарного подхода.

Имеется еще один аргумент в пользу раздельного анализа работоспособности: это существенно более высокая «скорость» процессов деградации при внешних воздействиях, чем под влиянием внутренних факторов. По этой причине при внешних воздействиях изменения состояния системы под влиянием внутренних факторов можно не учитывать. Система показателей в отсутствии статистических данных по внешним воздействиям базируется, в основном, на учете структурных параметров системы. Одним из таких показателей является *показатель важности* элемента системы, которая определяется по степени влияния отказа элемента на выходной эффект, и *показатель критичности* - по степени потенциально нанесенного ущерба.

6 Модели оценки ущерба

При сетевом представлении структуры системы ее работоспособность определяется множеством путей «успешного функционирования». Количество путей, в которое входит конкретный компонент, служит мерой важности/критичности компонента.

Наряду с рассмотренным подходом анализа критичности, перспективным является метод сценарного моделирования с оценкой ущерба на основе входо - выходной модели, производной от экономической модели В. Леонтьева [4].

Литература

1. Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др. Надежность технических систем: Справочник. Под ред. И. А. Ушакова. Москва, «Радио и связь» 1985.

2. ГОСТ 27.002-89. «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»

3. Буянов Б.Б., Волик Б.Г., Лубков Н.В., и др. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем. Под ред. Б.Г. Волика. – Москва, Энергоатомиздат, 1988. 296 с.

4. J Santos, L.May, Al Haimar Risk-Based Input-Output Analysis of Influenza Epidemic Consequences on Interdependent Workforce Sectors. Risk Anal. 2013 Sep; 33(9): 1620–1635. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3640689

5. Гребенюк Г.Г., Никишов С.М., Середа Л.А., Рощин А.А. Модели и алгоритмы анализа взаимосвязанных сетевых инженерных инфраструктур зданий и сооружений. Настоящий сборник.

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ СЕТЕВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИНФРАСТРУКТУР ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Гребенюк Г.Г., Никишов С.М., Середа Л.А., Рощин А.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
grebenuk@lab49.ru, nikishov@lab49.ru, sereda@lab49.ru, rochinaa@mail.ru

Аннотация: Для решения задач безопасности и уязвимости инженерных систем зданий и сооружений рассматриваются модели и алгоритмы анализа совместной работы сетевых инженерных систем, представленных в виде графа, особенности их функциональных связей, методы поиска критических объектов, наиболее важных для функционирования каждого вида сетей и системы инженерного обеспечения в целом.

Ключевые слова: безопасность, уязвимость, модель анализа ущерба, критически важные элементы сетей.

Введение

Объекты капитального строительства (ОКС) – офисные здания, спортивные сооружения, торговые центры, научно – производственные комплексы, гостиницы и жилые здания – наполнены инженерными сетями электро-, водо-, тепло-, газо- и других видов снабжения, обеспечивающими выполнение функционального предназначения этих объектов. Большое скопление людей на таких объектах и значительная стоимость активов определяют важную роль методов анализа совместной работы взаимосвязанных инженерных сетей и состояния технической безопасности. Эти методы должны соответствовать новому уровню технологий инженерных сетей для современных строений и сооружений, сложность и взаимовлияния которых значительно увеличились в последнее десятилетие за счет автоматизации и информатизации производственных процессов, процессов управления и обслуживания клиентов, внедрения энергосберегающих технологий и т.д.

Использование методов анализа взаимосвязанных инженерных сетей и технической безопасности особенно важно для стареющих инфраструктур, оборудование которых вырабатывает или превышает установленный срок службы. Из-за ограниченности средств на ремонты часто возникает задача выбора приоритетных объектов, отказ которых вызовет наихудшие последствия с учетом возможного каскадного эффекта, как внутри данной сети, так и при распространении на другие виды сетей. Для такого выбора эффективен метод сценарного моделирования взаимодействий и оценки ущерба с использованием входо-выходной модели, производной от экономической модели В. Леонтьева.

1 Виды инфраструктур объектов капитального строительства

В ОКС присутствуют следующие виды инфраструктур: кибернетическая, киберфизическая, физическая, географическая и логическая.

Киберинфраструктура возникает при передаче и обработке информации. Она оказывает существенное влияние на работу всех инженерных систем современных ОКС. Киберинфраструктура, основанная на информационно-коммуникационных технологиях (IT), включает проводные и беспроводные линии связи, маршрутизаторы, серверы и др. Физическая инфраструктура основана на физическом уровне взаимодействия различных систем (например, прекращение электроснабжения вызывает отключение электронасосов и сбои водоснабжения и т.д.) и состоит из соответствующих подсистем (водоснабжения, газоснабжения, теплоснабжения и т.д.).

Киберинфраструктура входит в состав киберфизической системы (CPS), к которой относятся системы диспетчерского контроля и управления, системы защиты электрических устройств, умные сети зданий, измерительные приборы и которая отличается развитыми связями между

вычислительными и физическими элементами. В ней часто используется архитектура, присущая интернету вещей.

Географическая зависимость для ОКС может быть определена как пространственная зависимость и связана с влиянием друг на друга близкорасположенных объектов разных систем. Например, протечка трубы, расположенной на верхнем этаже, может вызвать короткое замыкание электрического устройства этажом ниже.

Логическая зависимость возникает в результате логического анализа измерений, событий и др. Например, такая зависимость прослеживается в управлении диспетчером инженерными системами на основании показаний приборов.

Для вышеперечисленных инфраструктур ОКС характерны сбои, вызванные отказами, ошибками или преднамеренными действиями (атаками). Широкую известность приобрели хакерские атаки на инфраструктуру IT. Им подвержены объекты дистанционного управления и мониторинга промышленности и торговли, умные сети зданий. Последние часто используют слабо защищенные стандарты сетей передачи данных типа X10.

Каждая физическая инженерная инфраструктура ОКС является системой, в которой имеются источники, сеть и потребители. Источниками являются вводы в здание или автономные источники, независимые от внешней сети.

2 Особенности анализа последствий отказа в инженерных инфраструктурах зданий и сооружений

Как правило, взаимодействие «плоских» сетевых инфраструктур представляют в виде набора расположенных друг над другом слоев, каждый из которых содержит топологию одной инфраструктуры, а связи между слоями определяют взаимодействие между компонентами разных инфраструктур. Создание многослойной модели для зданий и сооружений существенно отличается от модели «плоских» сетевых инфраструктур для территории.

К особенностям таких моделей можно отнести многообразие инженерных систем, расположение коммуникаций этих систем на разных уровнях (этажах), их взаимосвязь как в пределах этажей, так и между этажами. Часто такие модели представляют собой территориально распределенные комплексы, содержащие коммуникации нескольких многоэтажных зданий и прилегающих к ним территорий.

3 Особенности формирования функциональных связей между инфраструктурами

При распространении возмущения между разными инфраструктурами будем рассматривать функциональную взаимосвязанность сетей, которая возникает, когда результат выполнения функций одной из сетей зависит от исправности другой сети [1].

Для модели распространения возмущения в системе, рассматриваемой как «система систем», рассмотрим в каждой инженерной подсистеме три набора объектов: источники ресурса, преобразователи и коммуникации, потребители ресурса.

Рассматривая функциональное взаимодействие подсистем электроснабжения, горячего (ГВС) и холодного водоснабжения здания (ХВС), мы видим, что, например, преобразователи в системах ГВС и ХВС одновременно являются потребителями в подсистеме электроснабжения и т.д.

4 Модель анализа ущерба

Анализ взаимосвязанных сетевых инженерных инфраструктур зданий и сооружений необходим для обеспечения техногенной безопасности и планирования ремонтов. Для этого необходима информация о критических объектах инфраструктур, наиболее важных для функционирования каждой инфраструктуры и всей системы обеспечения в целом.

Методом, показавшим свою эффективность для анализа взаимодействующих сетей, является метод сценарного моделирования с оценкой ущерба на основе входо-выходной модели, производной от экономической модели В. Леонтьева.

Метод сценарного моделирования на основе входо-выходной модели позволяет определить накопленную недееспособность системы после появления отказа. То есть, для каждого сценария эти модели определяют сокращение возможностей (накопление ущерба) на определенных, отдельных узлах сети.

5 Распространение последствий отказа по системе

После определения элементов, являющихся критически важными для работы системы необходимо проверить работу различных взаимосвязанных структур при появлении неработоспособности у таких элементов.

Анализ распространения последствий отказа по системе весьма важен для сложных взаимозависимых инфраструктур. Он позволяет объяснить динамику распространения последствий повреждения по различным инфраструктурам и предпринять меры по их защите.

Авторами использованы эффективные методы поиска на графах, которые определяют распространение последствий отказа внутри каждой инфраструктуры, и разработана программа – диспетчер, определяющая переходы через узлы сопряжения между инфраструктурами [2].

В этих методах использованы различные подходы к исследованию негативных последствий отказов для гетерогенных инфраструктур, такие как:

1.Метод перебора.

2. Метод построения и комплексирования минимальных сечений для сетей разных видов ресурсов [1].

6 Выбор способа представления последствий отказа на принципиальной схеме и поэтажных планах

Для визуализации распространения негативных последствий повреждений отдельных узлов гетерогенных инженерных систем, удобно использовать различные программные комплексы, например, ГИС. В тоже время, исходя из перечисленных выше особенностей инженерных инфраструктур, для зданий и сооружений следует, что создание многослойной модели в соответствии с подходом [2] весьма непростое занятие. Если каждый этаж с многообразием видов сетей представить многими слоями, в том числе слоями межсетевых связей, тогда только для одного многоэтажного здания такая модель может содержать десятки слоев отображаемых в ГИС. Причем принципиальные схемы электроснабжения и др. внутри зданий являются детальными, что еще больше затрудняет прямое использование модели типа «слоеный пирог» в изложении [3].

7 Последовательность действий при анализе взаимосвязанных инфраструктур зданий и сооружений

На первом этапе анализа производится декомпозиция сложной многослойной модели для зданий и сооружений, состоящей из разных инфраструктур, на более простые (по этажам здания).

Поиск критически важных объектов сетевых инженерных инфраструктур зданий и сооружений происходит на основе входо-выходной модели, которая показала эффективность ~~в~~ задачах анализа уязвимости сетевых структур.

Имитация распространения последствий отказа критически важных объектов по различным взаимосвязанным инженерным инфраструктурам зданий и сооружений производится путем построения путей доставки ресурсов для потребителей с помощью разработанной программы – диспетчера, определяющей переходы через узлы сопряжения между инфраструктурами.

После определения последствий выхода из строя критически важных объектов сетевых инженерных инфраструктур зданий и сооружений необходимо принимать решения предотвращению таких ситуаций.

Литература

1. G. G. Grebenyuk, S. M. Nikish, Blocking of Energy and Resource Supply of Target Objects in Network Infrastructures. Autom. Remote Control, 79:3 (2018), 535–544

2. Гребенюк Г.Г., Дорри М.Х., Рощин А.А., Никишов С.М. A study of influence of the structure of Heterogeneous Engineering Networks on the Reliable Operation of Large Consumes / Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2017, Moscow). M.: IEEE, 2017. Т. 2. С. 57-61.

3. V.V. Valencia Modeling for risk assessment on build infrastructure systems, Air force institute of technology, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 2013

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОТРАСЛЯХ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ

Данилова О.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, ул. Ленинградский пр-т, д.49
danilovaov@yandex.ru

Аннотация: Отсутствие современных технологий не позволяет оптимизировать управление энергетической системой страны, повысить качество энергоснабжения. Положительный эффект роста цифровых технологий при их проникновении во все секторы экономики не вызывает сомнений. Интеллектуальный учет, сам по себе, не является самодостаточной технологией. Вне функционирования «интеллектуальной энергосистемы» такой учет не обеспечивает дополнительных преимуществ по сравнению с обычной и удаленной передачей показателей приборов учета и «точечным» внедрением отдельных элементов управления. Принимая во внимание вышесказанное, целью выступления является рассмотрение возможных стратегий развития электроэнергетики.

Ключевые слова: электроэнергетика, интеллектуальные энергосистемы, инфраструктурные отрасли.

Целевым ориентиром проводимой в России энергетической политики является создание инновационного эффективного энергетического сектора национальной экономики, обеспечивающего энергетическую безопасность и устойчивый рост промышленности, рост качества жизни населения, укрепление внешнеэкономических позиций страны. Рост промышленного производства, начавшийся в России в 2017 году и продолжающийся в 2018 году, значительно повысил требования к энергетической информационной безопасности, гибкости и надежности всего электосетевого комплекса.

За годы реформирования принято более полутора сотен законодательных актов по реструктуризации, приватизации и упорядочению правил работы энергетических компаний в рыночной среде, накоплен значительный опыт работы с потребителями энергоресурсов и услуг энергокомпаний. Однако нерешенность целевой задачи реформирования – либерализации рынка электроэнергии и усиление конкуренции, результатом которой должно было стать снижение тарифов на электроэнергию для потребителей, приводит отрасль к обратным эффектам. Заявленный реформаторами механизм конкуренции производителей за договора с потребителями не работает, а значительное увеличение сетевой составляющей в конечной цене на электроэнергию становится причиной неуклонного роста тарифов, фактором, тормозящим развитие всей национальной экономики. Итогом реформирования стало ухудшение всех отраслевых технико-экономических показателей: увеличились удельные расходы топлива на производство электроэнергии, в генерации и электросетевом хозяйстве снизилась загрузка установленных мощностей, выросли потери электроэнергии на ее передачу, существенно увеличилась численность производственного персонала (соответственно и расходы на оплату труда), стоимость строительства энергетических объектов возросла не только с дореформенным периодом, но и в сравнении с аналогами строительства энергообъектов ведущими зарубежными строительными компаниями.

В среднем по стране доля сетевой составляющей в цене на электроэнергию для потребителей достигает 50%, что существенно выше мировой практики. В регионах ситуация еще хуже: стоимость электроэнергии для потребителей за счет сетевой составляющей в ценах оптового рынка вырастает от 1,5 до 3-х раз. Учитывая, что стоимость газа, на котором работают более 60% тепловых электростанций в России, ниже мирового уровня, такая структура цены свидетельствует о крайне низкой эффективности всей электрической отрасли. Бесконтрольный рост числа территориальных сетевых компаний, получающих вне зависимости от объема оказанных услуг составляющую «котлового» тарифа на основе обеспечения необходимой валовой выручки, также способствовало росту тарифов на электроэнергию.

Указанные негативные изменения привели к росту расходов всех экономических агентов на оплату электроэнергии. По оценкам российских экспертов величина финансовых ресурсов, отвлеченная из финансового оборота предприятий реального сектора в результате роста тарифов на электроэнергию составила не менее 550 млрд рублей в год, в том числе только за счет перекрестного субсидирования населения и приравненных к ним группам потребителей почти на 300 млрд рублей. В настоящее время суммарная максимальная мощность потребителей с максимальной мощностью не менее 670 кВт, присоединенных к электрическим сетям распределительных дочерних обществ ПАО «Россети», составляет 87 ГВт, а используется потребителями примерно на уровне 44%. Такое неэффективное использование мощностей происходит на фоне хронического недостатка инвестиций

в электросетевой комплекс, значительного физического и технологического износа электрических сетей. Средний технический уровень установленного оборудования в распределительных электрических сетях по ряду параметров соответствует оборудованию, которое эксплуатировалось в развитых странах 25-30 лет назад. Фактически 50% распределительных электрических сетей выработали свой нормативный срок, а 75 – два нормативных срока. Общий износ распределительных электрических сетей достиг 70%, магистральных электрических сетей – около 50%, что значительно выше аналогичных показателей в других странах с аналогичной территорией, где показатель износа составляет 27-44%. В инвестиционной программе ПАО «ФСК ЕЭС» на период 2016 – 2020 гг. 25% средств предусматривается направить на осуществление технологического присоединения потребителей, 29% - на развитие электрических сетей и 46% - на модернизацию основных фондов. Инвестиционные программы электросетевых объектов дочерних предприятий ПАО «ФСК ЕЭС» предусматривают проведение модернизации (реновации) электросетевых объектов на 2017 – 2026гг. на сумму 495,7 млрд рублей, а на 2021 – 2026 гг. - 329,5 млрд рублей. Основным источником финансирования указанных программ должны стать собственные средства (амортизация и прибыль) – 64%, привлеченные средства – 15%, плата за технологическое присоединение – 9%, бюджетное финансирование, средства дополнительной эмиссии акций – 2%, прочие источники – 10%. Строительство и обслуживание избыточных мощностей требует соответствующих операционных и инвестиционных затрат, на которые сетевые организации направляют средства, предназначенные для модернизации и реновации электрических сетей.

Особое внимание следует уделить необходимости внедрению цифровых технологий в электросетевую инфраструктуру, развития интеллектуальных систем управления, формирования автоматизированных центров обработки данных, развития систем интеллектуального учета электрической энергии. *Ключевая характеристика интеллектуальной сети* заключается в ее способности автоматически предотвращать (сокращать) перерывы в электроснабжения, решать задачи управления качеством электроснабжения и контроля аварий, в том числе каскадного типа. Для того, чтобы «умная» сеть работала, необходимо сформировать так называемые энергокластеры - единое информационно – технологическое пространство отдельных территорий, в состав которых входят предприятия генерации и транспортировки энергии, компании, осуществляющие инжиниринг, услуги энергосервиса, предприятия энергетического машиностроения и приборостроения, образовательные организации.

Литература

1. *Алешина Е.В.* Проблемы и перспективы развития электросетевого бизнеса холдинга РЖД / Е.В. Алешина // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2014. № 3 (113). С. 36-40.
2. *Алешина Е.В.* Формирование и развитие электросетевого бизнеса в рамках холдинга РЖД / Е.В. Алешина // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 18. № 4 (131). С. 67-71.
3. *O.V. Danilova and I. Yu. Belayeva*, The Power Grid Complex of Russia: From Informatization to the Strategy of Digital Network Development // Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11367-4/ 2019. –p. 42-53
4. *Olga Danilova and Irina Belayeva*, Economic Efficiency of Using the Electric Grid Complex: Problems of Reserves of Network Power and Development of Intelligent Technologies// The future of the Global financial system: Downfol or Harmony. 2019. –p. 241-251. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00102-5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС РАСТВОРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Дадашев М.Н., Филенко Д.Г., Бабаев С.Н., Мурсалов Р.Р., Джафаров Р.Ф.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,

Россия, г. Москва, Ленинский проспект, д. 65/1

jnus@mail.ru, denfile@yandex.ru, viost@list.ru, sicovich95.ru@mail.ru, dag1649@yandex.ru

Аннотация: Исследован процесс сверхкритической экстракции органического вещества из сланцев в широком диапазоне параметров состояния. Получены зависимости выхода жидких продуктов от температуры при давлениях 3 - 20 МПа. Показано, что существенное влияние на общую степень конверсии органического вещества и выход жидких продуктов оказывает давление процесса.

Ключевые слова: критическая точка, сверхкритический флюид, термодинамические параметры, экстракция, горючие сланцы, органическое вещество.

Введение

Интенсивное потребление нефти и газа при их ограниченных ресурсах обусловливают расширение масштабов использования твердых горючих ископаемых [1]. По запасам горючих сланцев Россия занимает одно из первых мест в мире. Вместе с тем, существующие технологии переработки горючих сланцев малоэффективны, характеризуются низкой степенью конверсии органического вещества, что обусловливает поиск новых, высокоэффективных методов их переработки [2].

К числу таких перспективных направлений можно отнести сверхкритическую флюидную технологию. За счёт уникальных свойств растворителей при сверхкритических условиях возможно регулировать и интенсифицировать, процесс растворения органических соединений находящихся в порах, твердых горючих ископаемых [3].

Цель настоящего исследования заключалась в выявлении закономерностей превращения органического вещества горючих сланцев различных типов, на основе сверхкритической флюидной технологии в широком диапазоне параметров состояния, включая и критическую область.

1 Экспериментальная часть

Экспериментальные исследования[75] проводили установке кафедры физической и коллоидной химии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, которая позволяет исследовать и моделировать процессы извлечения углеводородного сырья из различных твердых и квазитвердых пористых сред в широком диапазоне параметров состояния, включая и критическую область.

Объектами исследований являлись образцы горючих сланцев Ленинградского, Самарского, Дмитриевского и Кашпирского месторождений.

Исследования проводили в диапазоне температур 100 - 550 °С и давлений 3 - 20 МПа.

В качестве растворителя в работе использован бензол как относительно термически стабильное и химически инертное вещество, что позволяет обеспечивать протекание процесса сверхкритической флюидной экстракции при минимальном химическом взаимодействии растворителя и исследуемого образца. Кроме того, бензол обладает тем преимуществом, что у него относительно низкие критические параметры ($T_{кр}$ = 290 °С, $P_{кр}$ = 4,92 МПа, $\rho_{кр}$ = 0,300 г/см^3).

2 Обсуждение результатов

В соответствии с полученными результатами с увеличением давления уменьшается количество газообразных и легкокипящих веществ, при этом общая степень конверсии и суммарный выход жидких продуктов увеличиваются. Наибольшее увеличение общей степени конверсии получено для Дмитриевского горючего сланца (от 53 до 82 % в пересчете на органическое вещество), в то время как образцы Самарского, Кашпирского и Ленинградского горючих сланцев не обеспечивают максимального значения конверсии, которая составляет 73, 76 и 48 % соответственно в пересчете на органическое вещество.

Процесс растворения органического вещества горючих сланцев в исследованном интервале температур можно разделить на несколько стадий. В интервале температур 100 - 250 °С происходит докритическая экстракция, где термическое разложение органического вещества незначительно и происходит преимущественно извлечение бензолрастворимых веществ. В интервале температур 250 - 350 °С с переходом растворителя в сверхкритическое состояние происходит термическое разложение органического вещества исследуемых образцов. В интервале температур 350 - 450 °С происходит более интенсивное разложение органического вещества, а интервал 450 - 550 °С можно отметить как завершение процесса растворения органического вещества в исследуемых образцах сланцев, при этом образуется коксовый остаток и выделяется газ.

При давлении процесса 5 МПа (граница до- и сверхкритической области) суммарный выход жидких продуктов для сланцев не превышает 35 %, что практически соответствует количеству смолы пиролиза образцов исследования в инертной атмосфере. Таким образом, предположительно, растворитель в данных пограничных условиях еще не обладает свойствами сверхкритического флюида, находится в состоянии перегретого пара и по своим физико-химическим свойствам близок к инертному газу. Высокой степенью конверсии органического вещества и максимальным выходом газообразных продуктов при этом обладает образец Дмитриевского горючего сланца – до 64 % и до 47 % соответственно.

[75]*Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 17-08-01749.*

С повышением давления процесса с 5 до 8 МПа (переход в сверхкритическую область) выход жидких продуктов увеличивается в 1,2 - 1,8 раза. Степень конверсии органического вещества всех исследуемых образцов сланцев повышается на 3 - 5 %. Наблюдаемое увеличение общей степени конверсии органического вещества исследуемых образцов сланцев и выхода жидких продуктов с ростом давления могут быть объяснены высокой растворимостью первичных продуктов термодеструкции в сверхкритическом флюиде и быстрым их удалением из пористой структуры образца, что существенно снижает вклад вторичных процессов газо- и коксообразования. В этой связи, можно предположить, что относительно низкая степень конверсии органического вещества при давлении 5 МПа обусловлена низкой растворимостью первичных продуктов термодеструкции в данных условиях, их вторичным разложением в газообразные, жидкие и твердые продукты.

Увеличение доли нерастворимого углеродного остатка сопровождается снижением экспериментально наблюдаемой конверсии органического вещества в жидкие продукты. По мере увеличения давления все большая часть первичных продуктов термодеструкции удаляется из реакционной зоны в виде раствора, в связи, с чем вероятность протекания вторичных реакций образования из них нерастворимого углеродного остатка снижается и, соответственно, степень конверсии возрастает [5].

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что значительное влияние на общую степень конверсии органического вещества из твердых горючих сланцев и выход жидких продуктов оказывает давление процесса. С увеличением давления возрастает глубина проникновения и растворяющая способность растворителя (бензола) в сверхкритическом состоянии, что способствует более полному извлечению из пористой структуры образцов твердых горючих сланцев целевых компонентов органического вещества.

Таким образом, варьированием термодинамических параметров процесса сверхкритической флюидной экстракции можно повысить степень конверсии органического вещества и выход целевых продуктов из твердых горючих ископаемых.

Литература

1. *Стрижакова Ю.А., Лапидус А.Л.* Горючие сланцы – альтернативное сырье для химии // Вестник РАН. 2004. Т. 74. №9. С. 823–829.
2. *Дадашев М.Н., Кобелев К.В., Винокуров В.А., Филенко Д.Г., Магомедов З.Б., Джафаров Р.Ф., Мурсалов Р.Р.* Перспективы применения сверхкритических флюидных технологий в различных отраслях промышленности // Мониторинг. Наука и технологии. 2017. №1. С. 74–83.
3. *Патраков Ю.Ф., Павлуша Е.С., Федорова Н.И., Стрижакова Ю.А.* Термическое растворение Кашпирского сланца бензолом под давлением при сверхкритических условиях // Химия твердого топлива. 2008. № 1. С. 14–18.
4. *Федорова Н.И., Павлуша Е.С.* Термогравиметрическое исследование керогена горючего сланца и богхеда Оленёкского района Ленского бассейна // Вестник КузГТУ. 2009. № 2. С. 178-181.

АЛГОРИТМЫ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Крыгин А.А., Лубков Н.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
andreyakr@yandex.ru, lbknv@mail.ru

Аннотация: В работе рассмотрено решение с помощью методов теории графов задач по структурному моделированию трубопроводных систем, которые возникли в процессе создания автоматизированной информационно-поисковой системы. Описываются эффективные способы хранения данных и основные алгоритмы, в частности алгоритм нахождения всех путей между двумя вершинами.

Ключевые слова: трубопроводные системы, алгоритм нахождения путей в графах, реализация структуры хранения данных о графе.

Введение

Трубопроводные системы (ТПС) занимают важное место в реализации производственно-технической деятельности и в сфере коммунального хозяйства. Типичными примерами таких систем являются системы водоснабжения, водоотведения, газоснабжения комплексов городского хозяйства.

Возникновение нештатных - аварийных ситуаций в процессе функционирования систем по причине отказов (утрате работоспособности) узловых элементов, нарушения целостности участков трубопроводов или их засоров может иметь серьезные последствия. Нельзя исключать и внешние неблагоприятные воздействия природного, техногенного характера, а также злонамеренные действия.

Для решения задачи анализа последствий аварии (и ряда других задач) ТПС представляется в виде направленного графа. Это позволяет задействовать аппарат теории графов и разработанные в этой области алгоритмы. Одной из трудностей, возникающих при программной реализации, является большое количество узловых элементов (порядка десятков тысяч) и связей между ними.

Работа состоит из двух частей. Первая часть посвящена программной реализации алгоритмов и способов хранения данных в рамках теории графов. Вторая часть посвящена практическому использованию полученных алгоритмов при создании информационно-поисковой системы автоматизации деятельности диспетчера теплосети

1 Реализация графовых алгоритмов

Для целей математической обработки информации, представленной в виде графа использовалась матрица связей *C,* видоизмененная из соображений компактности. Для слабосвязанных графов (к которым относятся графы ТПС) матрица связей будет разреженной. Вопросам хранения и обработки разреженных матриц посвящено много работ, например [1-2]. Новую матрицу определим как таблицу, количество строк которой, как и у прежней, будет равно количеству вершин графа, а длина строк будет переменной. Длина строки выбирается равной количеству дуг, выходящих из вершины, соответствующей данной строке.

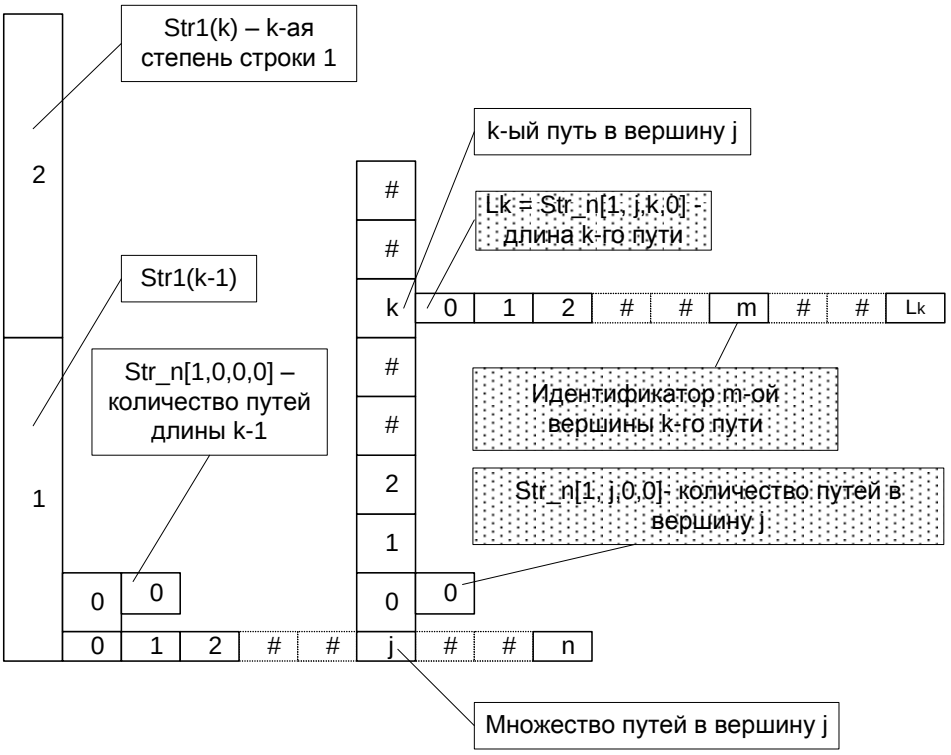


Рис.1. Структура массива Str_n

Все графовые задачи, которые возникли в процессе создания информационно-поисковой системы автоматизации деятельности диспетчера теплосети, базировались на задаче нахождения путей в графе с теми или иными начальными условиями. Поэтому проектирование подсистемы работы с графами строилось по принципу наибольшего быстродействия модуля нахождения путей. Это существенно повлияло на структуры данных по графу и структуры данных в указанном модуле.

Наиболее удобным вследствие регулярности выполняемых элементарных действий является алгоритм поиска путей, основанный на возведении в степень матрицы связей. При этом *r*-я степень матрицы содержит пути длины *r*.

По условию задачи анализа нештатной ситуации на ТПС, требуется определить пути, ведущие из множества начальных вершин, соответствующих источнику ресурса, в некоторое подмножество конечных вершин, отождествляемых с потребителями ресурса. Отсюда следует, что первоначально описанная задача поиска путей в графе может быть сужена, и благодаря этому может быть получен

существенный выигрыш в трудоемкости алгоритма. Предлагается следующая схема: выделяется подграф $G_П$ графа G; $G_П$ будет содержать все вершины графа G, через которые проходят пути, соединяющие подмножество начальных вершин с подмножеством конечных вершин.

Для поиска путей в графе $G_П$ используется алгоритм последовательного умножения строки матрицы, соответствующей начальной вершине (для определенности установим номер начальной вершины равным 1) на матрицу связей по следующему правилу.

Str(k) = Str1(k-1)×MS – k-я степень первой строки, определяет пути длины k, выходящие из начальной вершины, определяется следующим образом: Str(1) [j] = MS[1,j]; $Str(k)[j] = \bigcup_i Str(k-1)[i] \& MS[i,j] = \bigcup_i Str(k-1)[i] \& MS`[j,i]$, где & - операция логического «и», $\bigcup_i$ - операция логического «или», MS – матрица связей, MS`– транспонированная матрица связей.

Эффективность алгоритма при программной реализации в значительной мере зависит от выбора структуры представления данных и наличия дополнительной информации, обеспечивающей навигацию по массивам данных при выполнении отдельных шагов алгоритма. По этой причине в качестве базового представления данных были выбраны многомерные динамические массивы, что позволяет использовать лишь минимально необходимые объемы памяти на каждом этапе выполнения алгоритма и повысить быстродействие их выполнения.

1. Двумерный массив для хранения таблицы смежных вершин графа (матрицы связей) *mMS*. По вертикали размер массива равен *n+1*, нулевой столбец массива – служебный, он используется для хранения текущих размерностей строк с целью повышения быстродействия алгоритмов.

2. Элементы массива *mMs*[*i*,*j*] – содержат номер *j*-ой по счету вершины, в которую идет дуга из *i*-ой вершины.

Для формирования и хранения результатов перемножения строки *Str(k)* на матрицу *MS* предлагается специальная структура данных – четырехмерный динамический массив *Str_n* , структура которого показана на рис. 1.

2 Практическое применение разработанных методов (на примере сети теплоснабжения)

Инженерные распределительные сети предназначены для переноса ресурса от источников снабжения к потребителям. В упрощенном виде объекты теплоснабжения можно разделить на источники снабжения (ТЭЦ, РТС, КТС), объекты теплосети (камеры, участки теплопровода, коммутирующие устройства), тепловые пункты (ТП, ЦТП) и потребителей ресурса (строения, абоненты). Для обеспечения надежности объекты теплосети резервируются, соответственно, имеется множество конфигураций переноса ресурса. Текущая конфигурация сети определяется состоянием коммутирующих устройств (открыто/закрыто). Для краткости будем называть все источники снабжения ТЭЦ, коммутирующие устройства – коммутаторами, тепловые пункты – ТП.

При создании информационно-поисковой системы автоматизации деятельности диспетчера теплосети, был выявлен ряд задач, которые удобно решать с помощью методов теории графов. Для решения этих задач была создана библиотека, практически не привязанная к предметной области, которая содержала следующие основные функции по работе с графами.

Инициализация

Для дальнейшей работы задается исходный граф и отдельно все ТЭЦ и ТП.

Построение покрывающего дерева

По заданному объекту передачи ресурса, в зависимости от заданного направления функция строит покрывающее дерево от объекта ко всем возможным ТП или от всех возможных ТЭЦ к объекту.

Поиск всех путей между двумя вершинами

Эта функция строит все пути между двумя заданными вершинами.

Поиск путей из заданной вершины во множество вершин

По заданным двум подмножествам вершин *V1* и *V2* и заданной вершине функция строит все пути из заданной вершины в вершины подмножества *V1* и из всех вершин подмножества *V2* в заданную вершину.

Поиск связей между подмножествами

Для двух произвольных подмножеств вершин V1 и V2 (подмножества могут пересекаться или совпадать). Необходимо построить граф, у которого каждая дуга (a,b) обладает следующими свойствами: $a \in V_1; b \in V_2$;

В исходном графе существует путь $a \to b$, вершины которого (кроме a и b) не принадлежат V1 и V2.

С помощью этих функций было выполнено решение следующих задач: визуализация схемы инженерной сети; поиск неисправности в теплосети, отвечающей за нарушение в теплоснабжении строения; задачи, связанные с авариями на теплосети [3].

Выводы

В процессе проектирования информационно-поисковой системы автоматизации деятельности диспетчера теплосети, был выявлен ряд задач, которые удобно решать с помощью методов теории графов. Для решения этих задач была создана отдельная подсистема работы с графами. При анализе выделенных задач было поставлено два требования к подсистеме: максимальное быстродействие выполнения операции умножения строки на матрицу и экономное расходование памяти, т.к. количество узлов в исследуемом объекте может составлять сотни тысяч. При создании графовой подсистемы были разработаны структуры для хранения данных о графе и выполнении указанной операции умножения, отвечающие поставленным требованиям. В самой информационно-поисковой системе многократно использовались реализованные в модуле функции для визуализации схемы теплоснабжения, поиска неисправностей, локализации и оценке последствий аварий и поиске резервных маршрутов для восстановления снабжения потребителей.

Литература

1. Тьюарсон Р. Разреженные матрицы. – М.: Мир, 1977.

2. Богоявленский А.И. Использование форматов хранения разреженных матриц при реализации методоа конечных элементов. – М.: Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки». 2017 №2 С.4-11.

3. Гребенюк Г.Г., Крыгин А.А. Алгоритмы оптимизации числа переключений при реконфигурации сетей теплоснабжения - Автоматика и телемеханика. 2007. № 12. С. 101-112.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ПРОИСХОДЯЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Капустин Н.О., Яковлева Д.Д.

Институт энергетических исследований РАН, Россия, г. Москва ул. Нагорная д.31 к.2

vakulagin@ineiran.ru

Аннотация: В статье рассматриваются новые подходы к прогнозированию мировой электроэнергетики, потребность в которых обусловлена ускоренным развитием ВИЭ, совершенствованием технологий хранения электроэнергии, появлением новых возможностей локальной генерации и превращением значительного числа бывших потребителей из пассивных в активных участников рынка.

Ключевые слова: МЕТОДОЛОГИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ВИЭ.

Введение

Ключевой тенденцией последних лет в электроэнергетике стал рост конкурентоспособности генерации из возобновляемых источников энергии, стимулируемый активной энергетической политикой, направленной на декарбонизацию энергетического комплекса. Повышение конкурентоспособности ВИЭ, по сравнению с генерацией на ископаемых топливах, на фоне крупных дотационных программ привело к росту выработки электрической энергии на этом виде электростанций по всему миру.

Естественно, что столь значимые изменения в электроэнергетическом секторе не могут не найти отображения в модельно-информационных комплексах, предназначенных для прогнозирования развития мировой электроэнергетики.

В статье представлено описание подходов в рамках новой системы прогнозирования, задачей которой является постранова оценка перспектив электроэнергетики.

1 Направления развития методологии прогнозирования мировой электроэнергетики

Увеличение доли ВИЭ в структуре выработки электрической энергии на практике представляет собой не просто включение в энергетическую корзину сектора еще нескольких энергоносителей, а принципиальные изменения во всем характере функционирования электросистемы. Так, при прогнозировании энергосистемы в составе которой значительную долю выработки занимают НВИЭ, необходимо учитывать:

Особенности режимов выработки, в которых работают ВИЭ, т.е. тот факт, что солнечные и ветряные электростанции способны вырабатывать энергию только когда дует ветер и светит солнце, во всех остальных случаях мощности НВИЭ нуждаются в резервировании либо традиционной генерацией, либо посредством накопления энергии, выработанной в часы пиковой выработки

ИНЭИ РАН имеет большой опыт по анализу и прогнозированию тепло и электроэнергетики [1, 2, 3, 4]. Однако изменение условий функционирования электросистем бросает новый вызов и к развитию инструментария их оценки.

Модуль электроэнергетики предназначен для прогнозирования удовлетворения задаваемой из соседнего модуля прогнозирования спроса потребности в электроэнергии за счет различных доступных источников. Рынок электроэнергии характеризуется ограниченными межстрановыми перетоками в отличие от углеводородных рынков. Поэтому межстрановые поставки предполагается рассматривать отдельно в рамках оптимизационной модели, определяющей целесообразность перетоков по отдельным направлениям в рамках выполнения задачи минимизации общих системных затрат. Описываемый ниже инструментарий будет уже работать на основе четко определенных потребностей каждого узла в производстве электроэнергии с учетом как собственного спроса, так и межузловых перетоков, получаемых на оптимизационной транспортной модели.

Согласно методологии, задаваемый спрос детализируется для каждого узла по режимам работы энергосистемы на пик, полупик и непик, а также по сезонам: лето, осень, весна, зима. Покрытие спроса в модели осуществляется всеми конкурирующими в сегменте генерации топливами, за исключением атомных станций и крупных гидростанций.

После вычета объемов электроэнергии, произведенной на АЭС и ГЭС, стоит задача удовлетворения остаточного спроса. Для этого рассматриваются следующие источники производства электроэнергии: газ, уголь, нефтепродукты, ветряная энергия (в декомпозиции на офшорные и наземные), солнечные (в том числе фотовольтаика и термальное солнце), биотопливо, геотермальные станции и др.

На первом этапе расчета в модуле по каждому виду топлива формируется динамика перспективного выбытия мощностей с учетом сроков ввода в ретроспективе, средних сроков эксплуатации, морального устаревания оборудования (когда затраты на эксплуатацию превышают полезный эффект).

Остающиеся не выбывшими мощности в каждый конкретный год вычитаются из объемов задаваемого извне спроса, таким образом, формируется прогнозный коридор непокрытого спроса на электроэнергию, который подлежит удовлетворению. Также возможен вариант методики, когда все мощности участвуют в оптимизации.

Далее осуществляется расчет обобщенного показателя стоимости, (используется показатель LCOE), для чего из соседних модулей передаются прогнозные значения цен на ископаемые топлива (газ, нефтепродукты, уголь), учитывается задаваемый сценарно прогресс в области технологий генерации и накопления. Для некоторых показателей LCOE является функцией, зависящей от количества часов загрузки в год.

В зависимости от рассматриваемого узла LCOE могут достаточно сильно различаться, что объясняется уровнем солнечной инсоляции, ветряной активностью, стоимостью ископаемых топлив. Поэтому требуется формирование баз данных, включающих показатели для каждой страны. Частично упростить задачу здесь можно за счет кластеризации и формирования групп стран со схожими показателями по отдельным источникам генерации.

Кроме стоимостных показателей при прогнозировании строительства мощностей вводятся дополнительные коэффициенты, отображающие, в частности, политические предпочтения по строительству определенного вида станций. Также учитывается стоимость выбросов CO2.

После заполнения всех исходных данных собранная информация поступает в оптимизационный блок, задача которого найти оптимальное экономическое решение удовлетворения спроса при целевой функции минимизации затрат на протяжении каждого расчетного года. В ходе оптимизации учитывается возможность использования накопителей для сглаживания нагрузки между временными режимами (см. рис. 2).

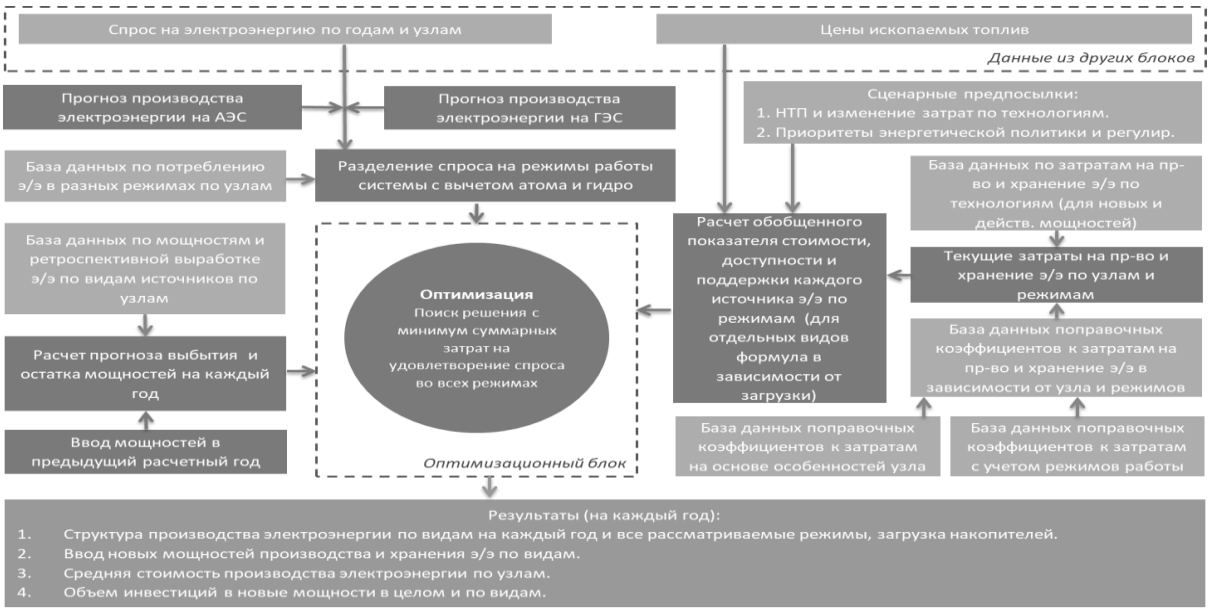


Рис. 2 - Схема функционирования модуля «Электроэнергетика».

2 Укрупненное описание алгоритма расчёта

По состоянию на момент написания статьи производится отладка методологии и инструментария, некоторые описываемые элементы методологии и алгоритма могут претерпевать изменения, однако общие принципы видятся адекватными для прогнозирования мировой электроэнергетики.

Согласно алгоритму расчета, на первом шаге в модель по каждому узлу передаются следующие входные параметры:

- Прогноз потребления электроэнергии в узле;
- Структура и параметры действующих мощностей;
- Ретроспективная структура производства по топливам;
- Объемы выработке на атоме;
- Объемы выработки на крупных гидроэлектростанциях.

Вывод текущих мощностей прогнозируется по следующей методике: Модель обращается к базам данных с целью определить имеется ли у нее по находящемуся в работе узлу информация по ретроспективному вводу и выводу мощностей, или есть только информация по выработке. В зависимости от результата или анализируются данные по мощностям, или по выработке и в итоге формируется прогнозная структура выработки.

В случае, если предполагается изначально закрепление за действующими мощностями части спроса и оптимизационное прогнозирование только по остатку, осуществляется расчет коэффициента выработки путем деления ретроспективной выработки на мощность. На основе полученной зависимости строится тренд и определяются значения этого тренда на каждый прогнозный год. Далее прогнозные значения коэффициента выработки умножаются на оставшиеся мощности в перспективный период. После этого прогнозируется остаток непокрытого спроса Со путем вычитания из общего спроса на электроэнергию (с вычетом атома и ГЭС) полученной выработки по действующим мощностям.

Остаток непокрытого спроса (или весь спрос в случае оптимизации всех мощностей) передается в оптимизационный блок.

Оптимизационный блок

Расчеты в оптимизационном блоке ведутся на 1 год по 1 узлу. В целях минимизации ошибки заполнения прогнозных объемов выработки неэффективными мощностями определяется самая большая зона из 18 исследуемых. Максимальный спрос по самой большой зоне делится на N (например, 100), определяется шаг заполнения. Расчет ведется последовательным заполнением нагрузки каждой зоны – всего N просчетов. После выполнения каждого просчета составляется структура заполнения (в каждую зону добавляется выбранное топливо).

Заключение

Описанная методология является одним из первых шагов к формированию новых подходов прогнозирования развития мировой электроэнергетики в условиях сильно возросшей межтопливной

конкуренции. Такой инструментарий призван дать ответ на вопросы определения рациональных экономически обоснованных долей различных источников в структуре производства электроэнергии. Причем эта структура неизбежно будет сильно отличаться по регионам и странам мира в зависимости от природных условий и доступности энергоресурсов.

Литература

1. *Макаров А.А., Митрова Т.А., Веселов Ф.В., Галкина А.А, Кулагин В.А.* "Перспективы электроэнергетики в условиях трансформации мировых энергетических рынков" // "Теплоэнергетика", № 10, 2017.
2. *Макаров А.А., Веселов Ф.В., Макарова А.С., Новикова Т.В., Панкрушина Т.Г.* "Стратегические перспективы электроэнергетики России" // "Теплоэнергетика", № 11, 2017
3. Системные исследования в энергетике: методология и результаты // Под ред. А.А. Макарова и Н.И. Воропая. — М.: ИНЭИ, Издательский дом МЭИ, 2018. — 309 с. ISBN 978-5-383-01306-9
4. *Ф.В. Веселов, Т.В. Новикова, А.В. Федосова* Основы экономики электроэнергетики: Методические указания. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2016. – 80 с.

НЕОБХОДИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Капустин Н.О.

Институт энергетических исследований РАН, Россия, г. Москва, ул. Нагорная д.31 к.2

vakulagin@ineiran.ru

Аннотация: Технологический прогресс в энергетике приводит к изменению закономерностей и условий функционирования и развития рынков. Всё это делает неактуальными часть из широко распространенных сегодня подходов прогнозирования. В результате появляется большая потребность в новых методиках, которые позволяют учитывать современные реалии рынков. В статье анализируются основные технологические и рыночные процессы, приводящие к потере актуальности используемых методик, и рассматриваются направления совершенствования инструментария прогнозирования, которые позволят повысить объективность и качество разрабатываемых прогнозов.

Ключевые слова: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ЭНЕРГЕТИКА, МОДЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС, ТЕХНОЛОГИИ.

Введение

К началу 21 века в мире сложилась относительно устойчивая картина энергообеспечения. Промышленно развитые страны использовали преимущественно ископаемые топлива, каждое из которых занимало свою вполне определённую нишу в секторах конечного потребления и на стадии переработки. Нашла своё место в энергобалансе и атомная энергетика, обеспечивая базовую нагрузку электросистем ряда стран. В беднейших странах продолжали доминировать наиболее доступные источники энергии, включая дрова. На этом фоне появление стандартизированной по многим странам мира статической информации, программного и аппаратного обеспечения, позволяющего обрабатывать большие массивы данных, дало возможность для создания комплексного оптимизационного инструментария прогнозирования развития энергетических рынков. Общие методологические подходы для этого уже были часто разработаны ранее и во многих случаях доказали свою актуальность и работоспособность при применении на локальных задачах [1]. Учитывая достаточно высокую замкнутость отдельных топливных рынков и прямые взаимосвязи с секторами потребления вполне логично было именно в этих рамках искать решения по рациональным вариантам энергоснабжения. Разумным было прогнозировать общее первичное энергопотребление исходя из экономико-демографических показателей, потом на этой основе определять спрос на отдельные источники энергии и динамику в секторах потребления и далее моделировать возможности поставок на каждом из топливных рынков.

Однако менее чем за 20 лет, прошедших с начала 21 века, ситуация на рынках кардинально изменилась. И эти процессы заставляют в корне пересматривать подходы к долгосрочному прогнозированию энергетики. В настоящей статье описываются ключевые изменения, происходящие в мировой энергетической системе, предложены методологические подходы, направленные на учет этих изменений в модельном инструментарии на примере комплекса прогнозирования мировой энергетики ИНЭИ РАН – SCANER [2].

1 Ключевые изменения энергосистем и проблемы при прогнозировании

Выделим несколько ключевых аспектов, отражающих изменения на энергетических рынках, и требующих пересмотра прежних подходов к прогнозированию развития мировой энергетики:

- Теряют свою актуальность прежние подходы к прогнозированию первичного энергопотребления. Первичное энергопотребление можно было вполне корректно рассчитывать на основе экономико-демографических показателей и сопоставлять с конечным потреблением с учетом сложившихся зависимостей, включая потери на преобразование. Однако именно на этапе преобразования стали происходить существенные изменения, которые пока дают не такие сильные отклонения текущих показателей, но в перспективе, по мере дальнейшего расширения использования ВИЭ, будут оказывать критическое влияние на рассчитываемый спрос. Проблема в том, что производимая электроэнергия на ВИЭ (солнце, ветер) методологически учитывается практически со 100% КПД в отличие от выработки электроэнергии на ископаемых топливах, где потери часто превышают 50%. Таким образом, для получения единицы электроэнергии на основе таких видов ВИЭ требуется существенно меньше исходной первичной энергии, чем при использовании угля и газа. В результате при сохранении объемов спроса в конечных секторах, потребность в первичной энергии при переходе на новые ВИЭ сильно снижается. А, следовательно, меняются тренды энергоемкости ВВП.
- Прекращается абсолютное доминирование нефтепродуктов в транспортном секторе. Нефтепродукты традиционно являются основой для транспортного сектора, а сам сектор играет ключевую роль в спросе на нефтепродукты. Эта взаимозависимость позволяла сформировать устойчивые корреляционные зависимости, опирающиеся на оценки спроса на основе изменения демографических и экономических показателей с учетом страновых особенностей. Однако ускоренное развитие рынка электромобилей и расширение использования газа в качестве моторного топлива приводят к слому сложившихся закономерностей в транспортном секторе [3].
- Появление дисбаланса на стороне производства энергии. Традиционно задачей энергетического комплекса было обеспечение спроса с учетом имеющихся дисбалансов в сегментах потребления. Теперь начинает формироваться новый дисбаланс, но уже на стороне производства. Рост доли ВИЭ, стимулируемый как повышением их конкурентоспособности, так и энергополитикой направленной на декарбонизацию глобальной энергетики, приводит к изменению режимов работы энергосистем. Появление такого второго дисбаланса, значимость которого постоянно растет на фоне расширения использования ВИЭ, почти полностью меняют привычную картину в сегменте «генерации», что требует соответствующей адаптации моделей прогнозирования электроэнергетики.
- Усиление межтопливной конкуренции в электроэнергетике. Ранее в электроэнергетике различных стран преимущественно конкурировало между собой ограниченное число поставщиков определенного топлива в рамках имеющихся мощностей генерации. Ценовые привязки были достаточно предсказуемы, что позволяло формировать понятную структуру мощностей с высокими КИУМ. Теперь не просто расширилось количество поставщиков топлива (например, газа), имеющих доступ к крупнейшим рынкам, но и сильно возросла межтопливная конкуренция.
- Усиление межтопливной конкуренции во всех секторах потребления. Транспортный сектор стал далеко не единственным в структуре потребления, где существенно расширилась конкуренция между разными топливами. Новые технологические решения позволяют сформировать для потребителя целый набор различных альтернатив энергоснабжения. При этом, благодаря своей универсальности, всё более востребованным становится использование электроэнергии для различных целей, включая обогрев и перемещение.
- Формируется новый набор финансовых и политических ограничений, влияющий на выбор решений по энергоснабжению:
    - На фоне неустойчивости рынков опасение участников рынка по осуществлению долгосрочных инвестиций. Высокие формируемые риски существенно осложняют процессы привлечения заемного финансирования, страхования и т.д. В результате, даже в случаях меньшего уровня окупаемости, инвесторы выбирают короткие проекты;
    - Новые экологические стандарты и требования;
    - Неопределенности климатической политики и экологических ограничений;
    - Возможные геополитические и торговые ограничения.

2 Учет происходящих изменений в методологии прогнозирования мировой энергетики

Все выделенные ключевые изменения мировой энергетической системы стали важнейшими задачами модернизации комплекса SCANER, проводимого в ИНЭИ РАН с 2015 года. Часть этих задач удалось успешно решить, по другим работы продолжаются.

Проблему с прогнозированием первичного энергопотребления правильнее всего решать путем прогнозирования конечного потребления по секторам и выстраивания от него корректных цепочек, отражающих движение энергоресурсов, включая преобразование, потери и т.д. В результате получается не только спрогнозировать первичное энергопотребление, но и увидеть достоверную картину распределения источников энергии по цепочкам поставок.

Для корректного учета изменений в транспортном секторе необходим специализированный инструментарий, позволяющий прогнозировать потребление в нем с учетом влияющих параметров – технологий, потребительских предпочтений, экологических факторов, энергополитики и т.д. Всё это нашло свое отражение в разработанной в ИНЭИ РАН модели «Прогнозирование спроса на топлива с учетом научно-технического прогресса и межтопливной конкуренции в сегменте дорожной транспортировки» (ПСДТ). Модель получает из входных данных перспективные значения макропараметров: ВВП и населения и ретроспективные показатели по численности автомобилей, динамике потребления нефтепродуктов по видам и т.д. Расчет перспективного потребления нефтепродуктов и их субститутов осуществляется с учетом предпосылок по изменению влияющих на это факторов: стоимости автомобилей на различном виде топлива, обеспеченности заправочной (зарядной) инфраструктурой, стоимости топлив, потребительской привлекательности, уровнем государственной поддержки и др..

Появление дисбаланса на стороне производства энергии главным образом отражается на секторе электрогенерации. В результате необходимо искать поиск оптимального варианта удовлетворения спроса с учетом множества режимов работы системы. При этом расширились и варианты удовлетворения спроса, причем некоторые из них можно использовать в комбинации с накопителями энергии. Учитывая ожидаемое изменение затрат как в стоимости производства электроэнергии на отдельных источниках, так и в стоимости хранения, требуется расчетный инструментарий, позволяющий при всём этом наборе условий найти оптимальный вариант работы системы. При этом необходимо учитывать еще целый набор параметров, включая стоимость выбросов, энергополитику, особенности каждой страны, сроки вывода действующих мощностей и т.д.. Согласно разработанной методике, прогнозирование осуществляется на основе совмещения методов имитационного и оптимизационного моделирования. Система должна гибко подстраиваться под имеющуюся исходную статистику, имея возможность использовать различную временную глубину данных и работать как с данными по мощностям и выработке, так и только с выработкой, что обусловлено качеством исходных данных.

Финансовые и политические ограничения по сути являются входными данными, но требуют возможности учета их в элементах модельного комплекса. В частности, необходимо включение в основную часть расчетов стоимости выбросов CO2, необходимы настройки по требованиям к качеству топлив, внедрение коэффициентов воздействия энергополитики на выбор, или прямых ограничений и т.д. В отдельных случаях, в том числе в вопросах технологического трансфера, эффективно использование системы кластеризации.

Энергетический мир становится более сложным и многофакторным. Его корректное прогнозирование требует использования усовершенствованного инструментария. Те методологии, которые ещё вчера позволяли получать результаты с высокой степенью достоверности, сегодня устаревают. При этом только возрастает потребность в инструментарии, который позволял бы не только прогнозировать рынки, но и искать экономические эффективные направления их развития, давал бы возможность заранее оценивать эффекты от планируемых решений. Поэтому необходимо дальнейшее развитие систем прогнозирования, в том числе с использованием подходов изложенных в данной статье.

Литература

1. А.А.Макаров, Л.А.Мелентьев Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства/Новосибирск, 1973.

2. А.А.Макаров, С.П.Филиппов SCANER: Модельно-информационный комплекс, ИНЭИ РАН, 2011.

3. Грушевенко Д. А., Грушевенко Е. В., Кулагин В. А. Энергопотребление российского сектора автомобильного транспорта: перспективы развития межтопливной конкуренции в условиях технологических инноваций // Форсайт, т. 12, № 4, 2018.

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Кузнецов Р.С., Чипулис В.П.

ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток, ул. Радио 5

kuznetsov@dvo.ru, chipulis@vira.dvo.ru

Аннотация: Рассмотрены проблемы технического обслуживания и управления системами автоматического регулирования теплоснабжения. Дано описание опыта разработки и эксплуатации систем телеуправления контроллерами отопления в Приморском крае. Предложена технология, нацеленная на повышение эффективности управления в теплоснабжении на базе современных цифровых и информационных систем. Показаны возможности использования программных средств, мобильных приложений и веб-сервисов для телеуправления процессами теплоснабжения и контроля режимов эксплуатации систем автоматического регулирования отопления зданий с целью реализации мероприятий по энергосбережению.

Ключевые слова: телеуправление, теплоснабжение, регулятор отопления, мобильное приложение.

Одной из стратегических задач в настоящее время является повышение эффективности производства, передачи и потребления энергоресурсов, в частности, тепловой энергии и теплоносителей. В последние годы наблюдается прогрессирующий процесс установки систем тепловой автоматики, обеспечивающей регулирование, направленное на экономию тепловой энергии и/или горячей воды [1]. Выделяют два принципиально различных способа регулирования теплоснабжения - количественный и качественный [2]. В системах централизованного теплоснабжения в нашей стране используется качественный способ регулирования, при котором отпуск теплоты на источнике осуществляется путем изменения температуры теплоносителя подаваемого в теплосеть. При этом расход теплоносителя в тепловом узле каждого потребителя должен оставаться постоянным в течение всего отопительного сезона. Однако качественный способ регулирования осуществляется для всей теплосети и не учитывает тепловой режим каждого потребителя в отдельности. Помимо этого он выполняется зачастую со значительными отклонениями от нормы, что связано как с занижением температуры теплоносителя в холодное время года, так и с ее превышением в периоды межсезонья. В результате потребители устанавливают автоматику на своих индивидуальных тепловых пунктах, совмещая качественное централизованное и количественное местное регулирование. Выборочный анализ результатов измерений параметров тепловых узлов с установленной на них автоматикой [3], предназначенной для регулирования теплопотребления, показывает, что автоматика без должного сервисного обслуживания зачастую либо мало эффективна, либо вообще не выполняет свои функции. Актуальной задачей является разработка технологии и программных средств для мониторинга, контроля и управления системой регулирования теплоснабжения на всех этапах жизненного цикла.

Объектом исследования является здание, на тепловом узле которого установлен прибор учёта (теплосчетчик, ТС) с системой автоматического регулирования (САР) теплоснабжения. В состав САР входит: регулирующий клапан с электроприводом РКЭ, циркуляционные насосы НС и контроллер отопления КР. КР предназначен для погодного регулирования поступающей в здание тепловой энергии, на него подключены контрольные датчики температуры наружного воздуха $t_{нв}$ и температуры теплоносителя после узла смешения $t_{см}$ (рис. 1). Регулирование осуществляется путем изменения коэффициента смешения при помощи РКЭ, установленного на подающем из теплосети трубопроводе. РКЭ принимает сигналы от КР на открытие или закрытие. При повышении $t_{нв}$ РКЭ отрабатывает на прикрытие задвижки и расход теплоносителя из теплосети M_1 уменьшается, что приводит к сокращению теплопотребления в системе отопления здания СОЗ. При похолодании происходит обратный процесс. НС поддерживают необходимый расход во внутреннем контуре СОЗ даже при полном закрытии РКЭ. КР осуществляет управление процессом и поддерживает $t_{см}$ в соответствии с заданным температурным графиком от температуры наружного воздуха. Настройка температурного графика и коэффициентов регулирования осуществляется индивидуально для каждого здания. Оптимальная настройка системы автоматического регулирования позволяет получить наилучший эффект и обеспечить комфортный для жильцов тепловой режим при максимальном энергосбережении.

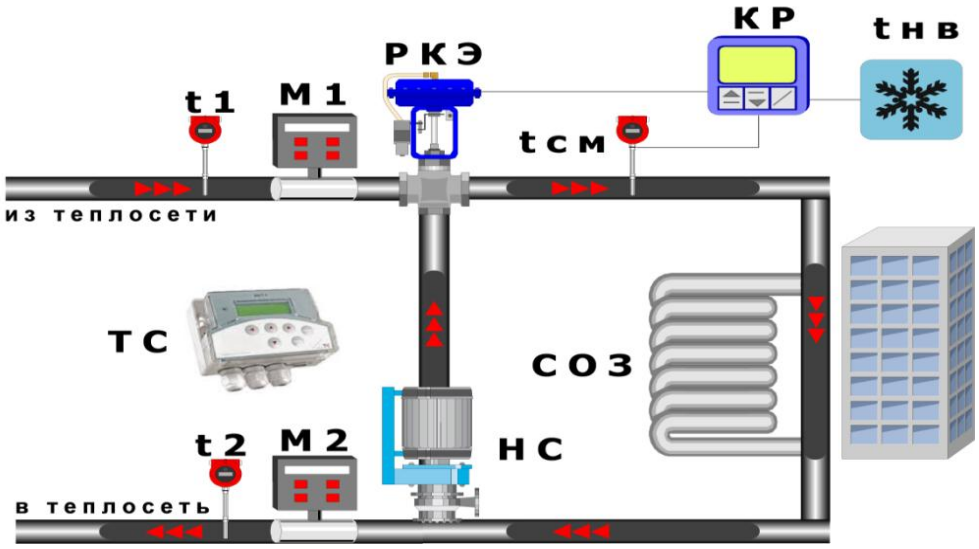


Рис. 1. Схема теплового узла здания с САР теплоснабжения

Системы телеуправления процессами теплоснабжения предназначены для создания интерфейса оператора, позволяющего осуществлять работу с САР дистанционно, и реализуют следующие основные функции:

- организация соединения с помощью современного телекоммуникационного оборудования;
- считывания данных с теплосчетчика и контроллера отопления;
- мониторинг параметров теплоснабжения здания в режиме реального времени;
- экспресс-анализ и верификация результатов измерений;
- диагностика оборудования и своевременное выявление нештатных ситуаций, а также предупреждение аварий;
- контроль режима работы теплового узла и изменение параметров регулирования;
- расчёт температурных графиков и сравнение температурного графика теплосети с графиком регулирования контроллера с целью контроля эффективности теплового режима;
- построение диаграмм демонстрирующих экономический эффект применения приборного учета и регулирования тепловой энергии;
- применение регрессионного анализа для построения зависимостей между основными параметрами теплоснабжения здания;
- анализ работы систем автоматического регулирования теплоснабжения и оценка эффективности их использования;
- выдача рекомендаций по оптимизации режимов регулирования;
- сокращение потерь, энергосбережение и повышение энергоэффективности;
- поддержку рационального управления контроллером отопления;
- интеграция с внешними веб-ориентированными сервисами.

На базе ИАПУ ДВО РАН создана материально-техническая база и информационное обеспечение для практического применения систем телеуправления процессами теплоснабжения. Выполнен проект «Муниципальной информационной системы автоматизированного учета и контроля энергоресурсов» по долгосрочной целевой муниципальной программе администрации Артемовского городского округа в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Созданы и внедрены в эксплуатацию системы мониторинга и автоматического регулирования для промышленных предприятий («Радиоприбор» и «Дальприбор», г. Владивосток), в которых функции диспетчеризации и телеуправления процессами регулирования для всех тепловых узлов выполняются с помощью разработанных в ИАПУ программ управления погодными регуляторами [4-5]. Благодаря созданным методам качественной и количественной оценки эффективности регулирования теплопотребления [6] с использованием регрессионных моделей объектов за время эксплуатации систем телеуправления контроллерами отопления на крупных и малых объектах теплоснабжения повышена эффективность потребления энергии, уменьшены издержки на обслуживание тепловой автоматики и достигнуто в среднем 30% энергосбережение. На базе информационно-аналитического центра (ИАЦ) теплоэнергетического комплекса Приморского края [7] на текущий момент созданы специализированные Интернет-сервисы для анализа эффективности регулирования режимов теплопотребления. Разработано мобильное приложение для представителей управляющих компаний,

позволяющее ответственным лицам выполнять мониторинг и изменение параметров контроллера отопления самостоятельно через защищенное соединение к M2M платформам, установленным в ИАЦ, производителей GSM/GPRG терминалов, установленных на тепловых узлах. Эксплуатация систем телеуправления позволяет осуществлять оперативное изменение режимов отопления зданий, облегчает реализацию мер по энергосбережению.

В процессе развития ИАЦ и создания систем телеуправления в теплоснабжении разработаны специализированные программы, которые зарегистрированы Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент) и получены свидетельства «О государственной регистрации программы для ЭВМ» [8-10].

Основной эффект от внедрения разрабатываемых в ИАПУ ДВО РАН систем телеуправления в теплоснабжении заключается в предоставлении качественно нового уровня контроля и управления процессами потребления тепловой энергии за счёт использования цифрового оборудования нового поколения и современных информационных технологий. Возможности систем телеуправления ориентированы на обеспечение бесперебойного и качественного теплоснабжения, поддержание оптимальных (энергоэффективных) эксплуатационных режимов отапливаемых зданий, а так же получение реального экономического эффекта за счёт энергосбережения и, как следствие, сдерживание роста тарифов на тепловую энергию и горячую воду.

Литература

1. *Виноградов А.Н. ОПЫТ* ПРИМЕНЕНИЯ "ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ" И ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ WI-FI ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т. 1. С. 267-272.
2. *Шарапов В.И., Ротов П.В.* Регулирование нагрузки систем теплоснабжения: Монография. - М.: Издательство "Новости теплоснабжения", 2007. - 164 с.
3. *Виноградов А.Н.* ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ И АНАЛИЗ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 160-161.
4. *Чипулис В.П., Волошин Е.В.* Программа управления погодным регулятором Danfoss ECL Comfort 200/300 // Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». - М: РОСПАТЕНТ. №5 2012. Свидетельство №2012614881.
5. *Чипулис В.П., Волошин Е.В.* Мониторинг и диспетчеризация теплового регулятора Danfoss ECL 210/310 V0.7 // Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». -М: РОСПАТЕНТ. №9 2013. Свидетельство №2013618337.
6. *Чипулис В.П.* Оценка эффективности регулирования теплопотребления // Датчики и системы. 2013. № 4. С. 45-49.
7. *Кузнецов Р.С., Чипулис В.П.* Информационно-аналитический центр объектов теплоэнергетики // В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012) Труды Шестой международной конференции (ежегодный сборник). Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. 2012. С. 362-371.
8. *Чипулис В.П., Кузнецов Р.С.* СКУТЕР – Анализ режимов регулирования // Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». - М: РОСПАТЕНТ. №1(111) 2016. Свидетельство №2015662895.
9. *Чипулис В.П., Кузнецов Р.С.* СКУТЕР – График регулирования // Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». - М: РОСПАТЕНТ. №12(110) 2015. Свидетельство №2015662442.
10. *Чипулис В.П., Кузнецов Р.С.* Статическая библиотека для расчета термодинамических свойств воды и водяного пара // Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». - М: РОСПАТЕНТ. №10. 2017. Свидетельство № 2017661174.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ДВУХРАЙОННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРАЛЬНЫХ РАЗЛОЖЕНИЙ ФУНКЦИЙ ЛЯПУНОВА[76]

Кутяков Е.Ю., Душин С.В., Искаков А.Б.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
evgeniykutyakov@gmail.com, s.dushin@inbox.ru, isk_alex@mail.ru

Аннотация: В докладе исследуется применение нового подхода в модальном анализе, основанного на использовании спектральных разложений функций Ляпунова. Функции Ляпунова при этом выбираются так, чтобы они определяли проинтегрированную во времени энергию переменных состояния системы. Для тестового эксперимента используется модель двухрайонной электроэнергетической системы (ЭЭС) с четырьмя генераторами, в которой монотонно возрастает переток мощности между двумя районами и происходит потеря устойчивости. Показано, что новый подход позволяет идентифицировать и количественно оценивать степень близости ЭЭС к границе устойчивости, резонансные взаимодействия её собственных мод, а также происходящие в системе процессы слияния и распада колебаний.

Ключевые слова: модальный анализ, функции Ляпунова, спектральные разложения, электроэнергетические системы, устойчивость относительно малых возмущений.

Введение

Одним из наиболее популярных методов изучения устойчивости ЭЭС относительно малых возмущений является модальный анализ, основанный на вычислении спектра динамической матрицы линеаризованной модели системы. Собственные числа имеют простую интерпретацию. Они определяют частоты колебаний и коэффициенты демпфирования соответствующих мод, определяющих поведение системы. Проблема, однако, состояла в том, что собственные вектора не позволяют однозначно интерпретировать связь соответствующих мод и переменных состояния, поскольку эти вектора зависят от выбора единиц измерения переменных. В работах [1] была предложена удачная формализация *селективного модального анализа* для линейных систем, которая дала возможность установить однозначную связь между модами и переменными состояния на основе так называемых *факторов участия*, которые не зависят от используемых единиц измерения. Это позволило однозначно выделять элементы структуры системы, связанные с собственными модами в динамике её поведения. В дальнейшем факторы участия были интерпретированы в терминах стохастического усреднения, модальной энергии, а также наблюдаемости, управляемости и мобильности мод (см. [2, 3]). Аналогичные концепции факторов участия были определены также для динамических нелинейных систем [4] и для систем, описываемых алгебраическими уравнениями, например, уравнениями потокораспределения [5]. Концепция факторов участия широко используется в электроэнергетике и других прикладных областях для анализа устойчивости [5], динамического уменьшения размерности [6], оптимального расположения датчиков и стабилизаторов [7], решения задач кластеризации [8].

Альтернативный подход к модальному анализу был предложен в работах [9,10,11]. В этих работах, решения уравнений Ляпунова были представлены как сумма Эрмитовых матриц соответствующих либо отдельным собственным числам матрицы динамики, либо их парным комбинациям. Соответственно, в отличие от общепринятого модального анализа, участия собственных мод $\boldsymbol{z}$ и переменных состояния $\boldsymbol{x}$ было предложено рассматривать не в эволюции переменных состояний и мод, соответственно, а в соответствующих им функциях Ляпунова, т.е. в величинах $\boldsymbol{x}^T\mathbf{P}_{\boldsymbol{x}}\,\boldsymbol{x}$ или $\boldsymbol{z}^*\mathbf{P}_{\boldsymbol{z}}\,\boldsymbol{z}$, где Грамианы $\mathbf{P}_{\boldsymbol{x}}$ и $\mathbf{P}_{\boldsymbol{z}}$ являются решениями соответствующих уравнений Ляпунова [12]. В настоящем докладе исследуется применение функций Ляпунова при модальном анализе двухрайонной электроэнергетической системы (ЭЭС) с четырьмя генераторами [13], в которой монотонно возрастает переток мощности между двумя районами и происходит потеря устойчивости. Функции Ляпунова при этом выбраются так, чтобы они определяли проинтегрированную во времени энергию переменных состояния системы. С помощью новых показателей мы идентифицируем и количественно оцениваем степень близости ЭЭС к границе устойчивости, резонансные взаимодействия её собственных мод, а также происходящие в тестовой системе процессы слияния и распада колебаний.

[76] *Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ), грант №19-19-00673.*

1 Спектральные разложения функций Ляпунова

Линеаризуя устойчивую систему в окрестности точки равновесия, рассмотрим линейное уравнение динамики, описывающее её отклонения от равновесия в виде:

(1) $\dot{\mathbf{x}}(\mathrm{t}) = \mathbf{A}\mathbf{x}(\mathrm{t})$

где $\boldsymbol{x}(t) \in \mathbb{R}^n$ - вектор переменных состояния и $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{n\times n}$ – действительная матрица динамики.

Интегрированную энергию производимую в переменных состояния системы определим в виде

(2) $E = \sum_{k=1}^{n} \int_0^{\infty} x_k^2\,(t)dt$

где x_k – k-ая переменная состояния. Интегральную энергию (2), производимую в системе начальным возмущением $\boldsymbol{x_0}$ можно представить как функцию Ляпунова в виде:

(3) $E = \boldsymbol{x}^T \mathbf{P}_{\boldsymbol{x}}\, \boldsymbol{x}$, где $\mathbf{A}^T\mathbf{P}_{\boldsymbol{x}} + \mathbf{P}_{\boldsymbol{x}}\mathbf{A} = -\mathbf{I}$.

Мы будем называть эту величину энергией Ляпунова системы. Согласно [12] грамиан $\mathbf{P}_{\boldsymbol{x}}$ можно разделить на спектральные компоненты следующим образом:

(4) $\mathbf{P}_{\boldsymbol{x}} = \sum_{i=1}^{n} \widetilde{\mathbf{P}}_{\boldsymbol{i}} = \sum_{\boldsymbol{i,j=1}}^{\boldsymbol{n}} \mathbf{P}_{ij}$, $\widetilde{\mathbf{P}}_{\boldsymbol{i}} = \sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{n}} \mathbf{P}_{ij}$, где

(5) $\widetilde{\mathbf{P}}_{\boldsymbol{i}} = -\{\mathbf{R}_i^*(\lambda_i^*\mathbf{I} + \mathbf{A})^{-1}\}_H$, $\mathbf{P}_{ij} = -\frac{1}{2}\left\{\frac{\mathbf{R}_i^*\mathbf{R}_j}{\lambda_i^*+\lambda_j} + \frac{\mathbf{R}_i\mathbf{R}_j}{\lambda_i+\lambda_j}\right\}_H$.

Здесь $\{\cdot\}_H$ обозначает эрмитовую часть матрицы, а $\mathbf{R}_i$ и $\mathbf{R}_j$ – матрицы вычетов, определяемые как коэффициенты в разложении резольвенты матрицы **A**:

(6) $(s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \frac{\mathbf{R}_1}{s-\lambda_1} + \frac{\mathbf{R}_2}{s-\lambda_2} + \cdots + \frac{\mathbf{R}_n}{s-\lambda_n}$.

Модальный вклад i-ой моды в энергию Ляпунова определим соответственно как

(7) $E_i = \boldsymbol{x}^T \widetilde{\mathbf{P}}_{\boldsymbol{i}}\, \boldsymbol{x}$

Энергию модального взаимодействия Ляпунова для i-ой и j-ой мод определим как

(8) $E_{ij} = \boldsymbol{x}^T \mathbf{P}_{ij}\, \boldsymbol{x}$

В докладе исследуется поведение величин (7), (8) в зависимости от степени нагружения системы.

2 Описание эксперимента

Для тестирования предложенного подхода используется модель ЭЭС, описанная в учебнике [13]. Эта модель была реализована в среде Matlab/Simulink. Она содержит 4 генератора, расположенных в двух районах, которые соединяются двумя линиями длиной 220 км каждая. Номинальная мощность каждого генератора составляет 900 МВт. В случае отсутствия в системе PSS (power system stabilizer) рассматриваемая система устойчива при относительно небольшой потребляемой мощности, однако по мере роста потребляемой мощности система теряет устойчивость. В каждом из двух районов системы включена активная нагрузка 700 МВт, индуктивная нагрузка 100 МВт и емкостная нагрузка 187 МВт. Далее активная нагрузка в области 2 повышается с шагом 30 МВт до значения 1900 МВт. При этом изначально устойчивая система постепенно приближается к неустойчивому режиму по мере роста нагрузки.

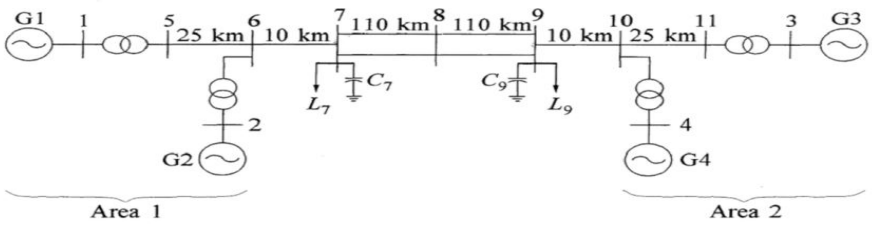


Рис. 1. Модель ЭЭС, описанная в учебнике [13].

3 Основные результаты

На рисунке 2 представлены энергии Ляпунова соответствующие отдельным модам системы. Можно видеть, что они хорошо отражают потерю устойчивости колебательной модой S2. Эффекты резонансного взаимодействия между модами S5, S6, S7 и S8, а также процессы слияния и распада колебаний S7 и S8. Таким образом, можно ожидать, что *показатели энергии Ляпунова можно использовать для целей модального анализа*. Более подробное описание результатов будет приведено в полной версии доклада.

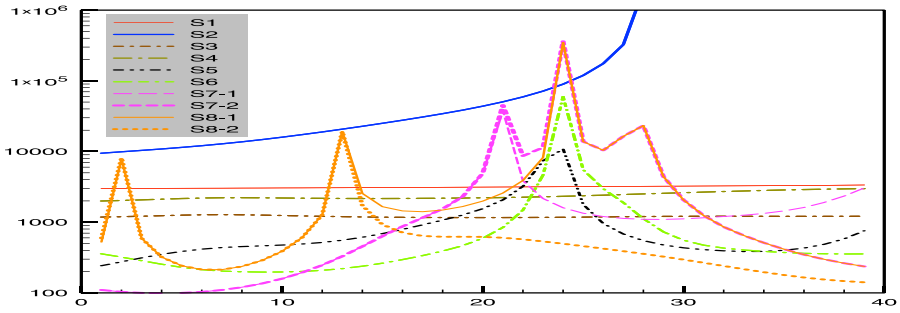


Рис. 2. Энергии Ляпунова соответствующие наиболее динамичным модам системы.

Литература

1. Perez-Arriaga I.J., Verghese G.C., and Schweppe F.C., Selective modal analysis with applications to electric power systems, Part I: Heuristic introduction // IEEE Trans. Power Apparatus Syst. Vol. 101. No. 9. 1982. – P. 3117-3125.

2. Abed E.H., Lindsay D.I., and Hashlamoun W.A., (2000). On participation factors for linear systems // Automatica. Vol. 36. 2000. – P. 1489-1496.

3. Tawalbeh N.I.A., Hamdan A.M.A. Participation Factors and Modal Mobility // Engineering Sciences. Vol. 37. No. 2. 2010. – P. 226-232.

4. Hamzi B., Abed E.H., Local mode-in-state participation factors for nonlinear systems, in 53rd IEEE Conference on Decision and Control, pp. 43-48, Dec. 2014.

5. Song Y., Hill D.J., Liu T., State-in-mode analysis of the power flow Jacobian for static voltage stability // Int. J. Elec. Power Energy Syst. Vol. 105. 2019. – P. 671-678.

6. Chow J. H., Power System Coherency and Model Reduction. Springer. 2013.

7. Manousakis N.M., Korres G.N., and Georgilakis P.S., Optimal placement of phasor measurement units: A literature review, in 16th International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems, pp. 1-6, Nov. 2011, DOI: 10.1109/ISAP.2011.6082183.

8. Genc I., Schattler H., and Zaborszky J., Clustering the bulk power system with applications towards Hopf bifurcation related oscillatory instability // Electric Power Components and Systems. Vol. 33. No. 2. 2005. – P.181-198.

9. Ядыкин И.Б., О свойствах грамианов непрерывных систем управления // Автоматика и телемеханика. № 6. 2010. – С. 39-50.

10. Yadykin, I.B., Iskakov, A.B., Akhmetzyanov, A.V., Stability analysis of large-scale dynamical systems by sub-Gramian approach // Int. J. Robust. Nonlin. Control. Vol. 24. 2014. – P. 1361-1379.

11. Yadykin I.B., Iskakov A.B., Spectral Decompositions for the Solutions of Sylvester, Lyapunov, and Krein Equations // Doklady Mathematics. Vol. 95. No. 1. 2017. – P. 103-107.

12. Vassilyev S.N., Yadykin I.B., Iskakov A.B., Kataev D.E., Grobovoy A.A., Kiryanova N.G., Participation factors and sub-Gramians in the selective modal analysis of electric power systems // IFAC-PapersOnLine. Vol. 50. No. 1. 2017. – P. 14806-14811.

13. Kundur P. Power Systems Stability and Control. McGraw-Hill: New York, 1994.

СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ НЕФТЕДОБЫЧИ

Лукьянов А.С.

Институт энергетических исследований РАН,
Россия, г. Москва, ул. Нагорная д.31, корп.2
gasgroup@rambler.ru

Аннотация: Предлагается сравнивать технологии увеличения нефтеотдачи и методы интенсификации добычи нефти по общественному критерию эффективности. Чтобы сделать увеличение нефтеотдачи более привлекательным, предлагается сочетать МУН с повышением дебита нефти скважин.

Ключевые слова: МУН, МИДН, технологии добычи нефти, критерий, эффективность, дебит нефти, извлекаемые запасы.

Введение

Инновационные технологии добычи нефти можно условно разделить на МУН (методы, увеличивающие нефтеотдачу), и МИДН (методы, интенсифицирующие добычу нефти) – это два крайних случая.

Технологии МУН увеличивают КИН (коэффициент извлечения нефти) без роста темпа отбора, где темп отбора равен годовой добыче деленной на остаточные извлекаемые запасы (технологические).

Технологии МИДН повышают дебит нефти скважины, не увеличивая технологически достижимый КИН. При этом увеличивается темп отбора запасов залежи нефти.

Инновационные технологии требуют дополнительных затрат. С экономической точки зрения можно выделить методы, при которых часть затрат относится к единовременным (капитальным) затратам, включая мероприятия, проводимые во вновь вводимых скважинах или при реконструкции скважин (зарезки вторых стволов, переводы на другой горизонт) [1]. Остальные методы требуют увеличения только операционных затрат. Например, если необходимо применение мобильного оборудования для закачки реагентов, то оно может быть взято в аренду (это не капитальные затраты).

Разный подход необходим к опытно-промышленному применению инновационных технологий и, когда технология подешевела, к их масштабному внедрению. В первом случае технологии не могут быть экономически эффективны, тем не менее, их необходимо развивать, и поэтому давать льготы или даже государственное финансирование.

Во втором случае технология должна быть экономически эффективна.

1 Критерий эффективности

Некоторые специалисты считают [2], что следует повышать КИН как можно больше, т.е. предпочитают МУН. Характерно, что при этом не оценивается прирост доходов.

Другие специалисты считают [3], что в связи с мерами против глобального потепления, значительные объемы запасов нефти не потребуется добывать, так как снизится спрос на нефть и, соответственно, мировая цена нефти. В этом сценарии возникает проблема монетизации имеющихся запасов [4], при этом предпочтение отдается МИДН.

Предлагается определять предпочтение экономически, т.е. выбором технологии, доставляющей максимум общественному критерию эффективности *Об* проекта [5] (до)разработки залежи нефти. Именно такой подход оптимально решает проблему монетизации запасов.

Введем общественный критерий эффективности *Об* как сумму чистого дисконтированного дохода (*ЧДД*), накопленных дисконтированных налогов (*ДН*) и накопленной дисконтированной зарплаты работников.

Необходимым условием широкого внедрения инновационной технологии будет $Об > 0$. Но этого недостаточно для использования технологии, необходима также коммерческая эффективность $ЧДД > 0$.

Если расчётный $ЧДД+ДН > 0$, но $ЧДД < 0$, то перед государством ставится дилемма:

- снизить налоги для этой технологии и получить с нее налоги,
- оставить систему налогообложения неизменной и лишиться добычи и налогов.

Какое решение рационально? Величина *Об* – это общий ресурс, который делится между государством и инвестором. Чем он больше, тем лучше обоим акторам при справедливом дележе, т.е. $ДН > 0$ и $ЧДД > 0$.

Если $Об \leq 0$, то и делить нечего, и такая технология не должна применяться в промышленном масштабе, а лишь нужно продолжать ее совершенствовать (повышать техническую эффективность и снижать удельные затраты). В этом смысл налога на добавленный доход (НДД).

Есть ли смысл сохранить систему налогообложения, надеясь получить больше доход от других, более эффективных месторождений? Если программа добычи составлена оптимально, то отклонение от нее только уменьшит суммарный Об (за счет повышения затрат, либо уменьшения добычи).

Налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ) может приводить к ситуации $Об > 0$, $ЧДД < 0$, особенно для инновационных технологий. Например, это может произойти с Федеральным законом от 19.07.2018 № 199-ФЗ про введение эксперимента по НДД, если он не будет исправлен. Закон предусмотрел взимание НДПИ даже для объектов, перешедших на взимание НДД, что может привести к ситуации $ЧДД < 0$.

2 Эффективность смены технологии

В момент перехода на другую технологию добычи (МИДН или МУН) характеристики разработки меняются. Переход на новую технологию меняет удельные операционные издержки.

При МУН остаточные извлекаемые запасы увеличиваются скачком на величину, которая зависит от геологических запасов объекта. Величины прироста извлекаемых запасов и затрат пропорциональны объему применения метода на залежи. Дальнейшая динамика добычи нефти $q(t)$, определяется начальной добычей $q(t_M)$ и темпом отбора запасов.

Переход на технологию МИДН меняет величину добычи нефти. Это происходит либо за счет увеличения дебита жидкости (нефти и воды) добывающих скважин, либо за счет изменения обводненности добываемой нефти.

На выбор технологии может влиять цена нефти, уровень налогообложения, характеристики технологий и ограничения на их применение.

При отсутствии капиталовложений условием эффективности дальнейшего повышения дебита служит ограничение на прирост операционных затрат.

При капиталовложениях следует различать капиталовложения, приходящиеся на одну скважину k, и удельные капиталовложения на прирост единичной добывающей мощности $b=k/\Delta q$, где Δq – прирост добычи за год. Для инновационных технологий коэффициент k всегда выше, чем у традиционной k_0, но для эффективных технологий МИДН удельные затраты b меньше, чем b_0.

Так как при применении МИДН увеличивается темп отбора, сначала дебит нефти будет выше, чем у традиционной технологии, но в конце разработки дебит нефти упадет ниже него. Это объясняется тем, что у технологий МИДН извлекаемые запасы не меняются, а значит, дебит нефти падает быстрее.

Чтобы технология МУН могла показать свою эффективность, требуется длительный интервал времени, так как затраты увеличиваются сразу после введения технологии, а добыча увеличивается постепенно. Экономическая эффективность МУН ухудшается еще за счет дисконтирования.

Технологии МУН весьма затратны и поэтому, как показывают расчеты, *ЧДД* для МИДН выше, чем для типичного МУН. Если цена нефти будет выше, то *ЧДД* для МУН увеличится, но *ЧДД* увеличится и для МИДН. Можно сделать вывод, что технологии МУН следует сочетать с мерами по увеличению интенсивности добычи.

Чем выше цена нефти, тем более технологически эффективные и дорогие технологии целесообразно применять. При низких ценах экономически наиболее эффективны недорогие технологии.

Литература

1. Карпов В.Г., Бадретдинов И.А., Баккулова А.Р. Особенности планирования добычи нефти при истощении месторождений // Экономика и управление. – 2013. - №3. – С.42-48.

2. Боксерман А.А.,Гришин П.А., Исаева А.В. Ткачук В.И., Уразов С.С., Ушакова А.С. Цуканов А.А. Необходимость восстановления государственной программы развития и внедрения современных методов увеличения нефтеотдачи и ее экономического стимулирования // Георесурсы 4(54) 2013. С.12-17.

3. Синяк Ю.В. Новые явления в мировой энергетике и их влияние на ТЭК России. Доклад на семинаре МГУ Московская школа экономики. 3 марта 2016. https://mse.msu.ru/nauchnye-publikacii/

4. Жуков С.В. Мировой рынок нефти в процессе трансформации. Экономические проблемы отраслей ТЭК (Семинар А.С. Некрасова) Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН 23 мая 2017 г. https://www.imemo.ru/files/File/ru/events/2017/23052017/23052017-PRZ-001.pdf

5. Лукьянов А.С. Применение накопленных дисконтированных величин для оптимизации развития ТЭК. https://www.eriras.ru/files/lukjanov-diskont_pri_prognozir_razvitija_tek.pdf. VII Мелентьевские теоретические чтения. С.179-187.

РАЗМЕЩЕНИЕ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАДАННОГО МНОЖЕСТВА РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Мухтаров А.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
mukhtarov.amir.a@gmail.com

Першин О.Ю.

РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Россия, г. Москва, Ленинский проспект д.65
pershino@mail.ru

Аннотация: Рассматривается задача размещения базовых станций при проектировании беспроводной широкополосной сети для передачи мультимедийной информации от заданного множества объектов, рассредоточенных на некоторой территории. Дается формализация задачи в виде математической модели частично целочисленного линейного программирования с ограничениями потокового типа.

Ключевые слова: беспроводные широкополосные сети, размещение станций, задача частично целочисленного линейного программирования.

Введение

Построение современной инфраструктуры передачи информации для обслуживания множества объектов промышленного или гражданского назначения, рассредоточенных на некоторой территории, является актуальной задачей при создании единой систем контроля и управления указанными объектами. Создание такой инфраструктуры позволяет обеспечить оперативный контроль и управление объектами путем передачи необходимой информации с сенсоров и датчиков объектов в соответствующий внешнее приемное устройство. Для создания подобной инфраструктуры эффективно используются сети широкополосной беспроводной связи, необходимым этапом проектирования которых является решение задачи определения мест размещения базовых станций.

В настоящей работе рассматривается задача получения допустимого решения для заданного набора станций и избыточного множества возможных мест их размещения, при выполнении технологических ограничений на создание инфраструктуры беспроводной сети связи. Поставленную задачу можно рассматривать как некоторое обобщение проблемы, рассмотренной в работах [1-2], где исследовалась задача размещения базовых станций вдоль линейной трассы. В данном случае рассматривается задача обслуживания объектов, расположение которых задано их координатами на плоскости Особенностью такой задачи в широком классе задач о размещения мощностей является наличие условия на наличие информационной связи между станциями и внешним приемным устройством (шлюзом), выполнение которого гарантирует поступление всей информации с контролируемых объектов в центр управления.

Постановка задачи.

Задано множество вершин $A = \{a_i\}, i = 0,1,2, \dots, n$ на плоскости. Каждая вершина a_i имеет координаты $\{x_i, y_i\}$..

Множество A состоит из двух подмножеств:

A_1 – множество объектов, с которых необходимо собирать информацию. В частности, объектами могут быть любые стационарные абонентские устройства сети 802.11n.

A_2 – множество мест размещения базовых станций.

По определению:

$$A_1 \cup A_2 = \emptyset;$$

$$A_1 \cap A_2 = A.$$

Все вершины пронумерованы так, что:

$$A_1 = \{a_i\}, i = 1,2, \dots, n_1;$$

$$A_2 = \{a_j\}, j = n_1 + 1, \dots, n.$$

Задано множество базовых станций $S = \{s_j\}, j = 1,2, \dots, m$, которые необходимо разместить на множестве A_2.

Каждой станции приписаны три параметра $s_j = \{r_j, R_j, \vartheta_j\}$, где:

r_j – максимальный радиус покрытия станции. Параметр, который характеризует зону охвата территории каждой станцией;

R_j –максимальный радиус связи станции. Параметр характеризует расстояние, на котором обеспечивается радиорелейная связь между станциями;

ϑ_j – максимальный объем информации в единицу времени, который может быть получен от объектов.

Также задана станция специального вида (шлюз) $s_0 = \{r_0, R_0, \vartheta_0\}$ с координатами $\{x_0, y_0\}$.

Требуется разместить станции таким образом, чтобы вся имеющаяся информация с объектов (множество A_1) могла быть собрана и передана системой размещенных станций до шлюза s_0.

Задано условие, что со шлюзом и между собой могут быть связаны только станции на вершинах множества A_2.

Формулировка задачи в виде модели частично целочисленного ЛП.

Пусть задано m станций с различными параметрами $\{r_j, R_j, \vartheta_j\}$.

Вместо каждой вершины $a_j, j = n_1 + 1, \dots, n$ запишем m вершин с одинаковыми координатами и различными параметрами соответствующим различным типам станций. Обозначим такую группу вершин, записанную вместо вершины a_j, как D_j .Обозначим все расширенное множество вершин A_2 через A_2D.

Составим граф H для возможного потока информации между вершинами расширенного множеств $AD = A_1 \cup A_2D$. По определению, каждой вершине из A_2D соответствует станция определенного вида со своим набором параметров $\{r_j, R_j, \vartheta_j\}$.

Матрица смежности $E = \{e_{ij}\}$ графа H строится по следующим правилам.

$e_{ij} = 1$, если расстояние между i-ым объектом ($a_i \in A_1$) и j-ым местом размещения станции ($a_j \in A_2D$) не более радиуса покрытия для станции соответствующего этой вершине типа;

$e_{ij} = 1$, если расстояние между i-ым местом размещения ($a_i \in A_2D$) и j-ым местом размещения ($a_j \in A_2D$), либо шлюзом не более радиуса связи той станции, у которой радиус связи не больше радиуса связи другой станции;

$e_{ij} = 0$, во всех остальных случаях.

Введем переменные $x_{ij} \geq 0$, это искомое количество информации, передаваемой в единицу времени по дуге e_{ij} графа H.

Распишем условия для нашей задачи.

Величина суммарного потока, который выходит с объекта равен весу ϑ_i:

$$\sum_{a_j \in \Gamma^+(a_i)} x_{ij} = \vartheta_i, \ \forall a_i, \ i = 1, 2, \dots, n_1,$$

где $\Gamma^+(a_i)$ – множество вершин на графе H, в которые входят дуги, исходящие из вершины a_i.

Сумма входящих и выходящих потоков для любой i-ой вершины множества A_2D равна нулю:

$$\sum_{a_j \in \Gamma_1^-(a_i)} x_{ij} + \sum_{a_j \in \Gamma_2^-(a_i)} x_{ji} - \sum_{a_j \in \Gamma_2^+(a_i)} x_{ij} = 0\,, \forall a_i \in \text{A2D}.$$

Здесь множество $\Gamma_1{}^-(a_i)$ – вершины множества A_1, из которых выходят дуги, входящие в вершину a_i, $\Gamma_2{}^-(a_i)$ – вершины множества A_2D, из которых выходят дуги, входящие в вершину a_i, $\Gamma_2{}^+(a_i)$ – вершины множества A_2D, в которые входят дуги, исходящие из вершины a_i.

Через систему станций вся информация от объектов должна поступить на шлюз s_0:

$$\sum_{a_j \in \Gamma_2^-(a_0)} x_{j0} = \sum_{a_i \in A_1} v_i.$$

Введем , булевы переменные y_j для вершин a_j, $a_j \in A_2D$:

$$y_j = \begin{cases} 1, \text{ если станция стоит на } a_j \text{ месте} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

Объем информации, поступающей от объектов на станцию, если она размещена на j-ом месте, ограничен мощностью станции ϑ_j:

$$\sum_{\mathrm{a_j} \in \Gamma^- (\mathrm{a_i})} x_{ji} \leq y_j \cdot \vartheta_j, \forall a_j \in A_2D$$

Необходимо разместить все m станций:

$$\sum_{a_j \in A_2\mathrm{D}} y_j = m.$$

На вершинах любого множества D_j может быть размещено не более одной станции:

$\sum_{a_i \in D_j} y_k \leq 1, \forall D_j$

В нашем случае ставится задача нахождения допустимого решения для заданного набора станций и заданного избыточного множества возможных мест их размещения, т. е. такого размещения станций, при котором информация от всех контролируемых объектов может быть доставлена в центр управления.

Данная задача решается известным способом добавления в уравнения, приведенные к стандартной форме, искусственных неотрицательных переменных и минимизации целевой функции f, представляющей их сумму.

Если значение целевой функции $f = 0$, то система совместна, а значит полученное решение - одно из допустимых решений размещения станций, при котором вся информация от объектов может быть собрана и передана системой размещенных станций до центра управления.

Если значение целевой функции $f > 0$, то допустимого решения при любом размещении для данного набора станций не существует.

Заметим, что при заданном проектировщиком размещении станций описанная модель является удобным инструментом для проверки допустимости предложенного им решения.

Если для дуг графа H заданы веса, характеризующие некоторые параметры передачи информации, например, стоимость передачи единицы информации, то предложенная модель может быть использована для формализации соответствующей оптимизационной задачи.

Сформулированная математическая модель является задачей частично целочисленного линейного программирования с булевыми переменными y.

Число булевых переменных равно $m \cdot |A_2 D|$.

Заключение

В работе рассмотрена задача нахождения допустимого варианта размещения базовых станций беспроводной широкополосной связи для заданного набора станций различных типов. Характерной особенностью рассмотренной задачи, выделяющей ее из широкого класса задач размещения мощностей, является наличие условия на связь между станциями. В работе для решения задачи построена модель частично целочисленного линейного программирования потокового типа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований грант № 19-07-00919.

Литература

1. *Иванов Р. Е., Мухтаров А. А., Першин О. Ю.* Задача оптимального размещения заданного множества базовых станций беспроводной сети связи с линейной топологией // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. №4(549). С. 39-45.

2. *Ivanov R., Pershin O., Larionov A., Vishnevsky V.* On a Problem of Base Stations Optimal Placement in Wireless Networks with Linear Topology // Communications in Computer and Information Science. 2018. vol 919. C. 505-513.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РФ В СВЕТЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ[77]

Никонова А.А.

Центральный экономико-математический институт РАН, Россия, г. Москва
Нахимовский пр-т, д. 47
prettyal@cemi.rssi.ru

Аннотация: Статья посвящена вопросам повышения безопасности РФ на основе новых технологий и оборудования в ТЭК как одного из направлений повышения энергоэффективности и доступности энергии. Для иллюстрации проблем модернизации ТЭК приведены примеры обновления мощностей, оценки ограничений и способы поддержки на этом пути.

Ключевые слова: производительность, энергетическая эффективность, новые технологии

[77] *Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 18-010-01028 «Методология и инструментарий стратегирования технологических изменений экономических систем разного уровня иерархии с учетом требований индустрии 4.0 к нестационарной российской экономике».*

Введение

В Доктрине энергетической безопасности РФ, принятой 13 мая 2019 г. Указом Президента РФ, отражены риски и задачи развития российской энергетики с целью повышения экономической, технологической и экологической безопасности в контексте мировых сдвигов и вызовов [4].

Необходимость в модернизации, т.е. в приведении энергетической системы в соответствие с социально-экономическими, организационно-технологическими и экологическими требованиями современного мира, вызвана ростом энергоэффективности в зарубежных странах, замещением углеродных ресурсов иными источниками энергии, мерами по переходу к чистой, «зеленой» экономике и другими внешними вызовами. Императивы стратегии обновления усиливаются в виду низкой производительности, структурной несбалансированности российской экономики, устаревания технологической базы ТЭК, ряда других серьезных внутренних проблем.

1 Императивы модернизации ТЭК

1.1 Внутренние угрозы и риски

Очевидно, низкая производительность производства энергии в России обусловлена во многом применением отсталых технологий, устаревших организационных схем энергоснабжения, изношенных фондов. К примеру, износ фондов в добыче составил 57,7%, машин и оборудования – 64%, а в некоторых отраслях ТЭК – ещё больше. По данным Росстата, по трети домохозяйств не оборудованы центральным отоплением и сетевым газом; 43% – не имеют центрального горячего водоснабжения; 19% – испытывают проблемы с электроэнергией [7, с. 169, 300, 304].

Нужно кардинально обновить технико-технологическую базу и производить энергетические продукты, конкурентоспособные по цене и качеству и востребованные новой экономикой.

1.2 Основные направления модернизации ТЭК

Суть стратегии внутренней энергетической безопасности сводится к трем основным направлениям получения энергии: 1) дешевая энергия; 2) энергия, безопасная для индивида и окружающего мира; 3) доступная энергия, даже там, где недостаточно ресурсных источников. Первое направление включает две основных составляющих: а) экономия на издержках, сбережение энергии, снижение потерь; б) рост производительности в добыче и генерации. Второе – предполагает безвредные для человека и окружающей среды способы извлечения ресурсов, производства и передачи энергии. Третье – содержит требование обеспечить нужды в энергии домохозяйств и отраслей на территориях, удаленных от мест расположения источников энергии и её производства. Вопросы доступности энергии непосредственно связаны с повышением качества жизни, которое является ведущим условием и фактором новой экономики и требует форсированных вложений [1]. Т.е. инвестиции в энергетическую инфраструктуру и бесперебойное энергообеспечение напрямую повлияют на безопасность через улучшение человеческого потенциала.

Внешнеэкономические направления энергетической безопасности связаны с бесперебойным исполнением договорных обязательств и с повышением адаптивных способностей российского ТЭК в условиях неопределенности на международных энергетических рынках.

Все эти векторы энергетической безопасности предполагают применение соответствующих новых технологических, организационных и экономических решений, отвечающих требованиям эффективности, безопасности и предусматривающих расширение спектра используемых ресурсов. Причем, правильная организация энергетической системы может выступить одним из решающих факторов повышения энергетической безопасности, которому уделяется не так много внимания в теории и практике.

Вопросы использования в этих целях нетрадиционных источников энергии весьма дискуссионные, отличаются противоположностью точек зрения, поэтому стратегии перехода к «зеленой» энергетике нуждаются в тщательных расчетах и обосновании решений. Так, Б.Н. Порфирьев, ссылаясь на результаты расчетов ИНП РАН и международных экспертов, не рассматривает низко углеродную энергетику как панацею в решении проблемы устойчивости, безопасности экономики и сохранения экологии и климата: не адекватные организационно-экономические решения в этой области могут нести не меньшие риски [6]. Поэтому, к примеру, риски загрязнения и изменения климата, которые способствуют в наибольшей степени принятию стратегий перехода к чистой энергетике в ЕС, следует рассматривать в системе всех возможных рисков – как экономических, так и социальных, и технологических. Для России значительные угрозы составляют несовременные технологии, оборудование, инфраструктура. Механизмы экологической безопасности должны быть встроены в стратегию сбалансированности развития целостной социально-экономической системы.

Напротив, И.А. Башмаков считает, что технологии использования возобновляемых источников энергии являются драйвером экономического роста, поэтому следует активизировать процессы низко углеродной трансформации российской экономики [2].

Как представляется, на данном этапе наиболее действенными мерами повышения безопасности, вызванными теми и другими требованиями, могут служить мероприятия по модернизации мощностей и введению передовых технологий во всех звеньях ТЭК: в нефтяной, газовой, угольной и торфяной промышленности, электроэнергетике и теплоснабжении. В связи с этим перспективно применение современных технологий, направленное на разработку арктических месторождений, повышение удельного веса СПГ в экспорте газа, сокращение потерь при генерации и передаче энергии, производство товаров высокой степени переработки энергетического сырья.

Приведем некоторые оценки и перспективы в этом направлении.

2 Новые технологии, современные мощности и ограничения в ТЭК

Ожидается, что осуществление проектов «Арктик СПГ», «Ямал СПГ», проектов Газпрома на востоке страны, модернизация НПЗ, строительство «Запсибнефтхима» (проект «Сибура») оживят экономику отрасли в среднесрочной перспективе, однако пока они не стимулируют рост.

Вместе с этим, из опроса нефтяных компаний можно видеть структуру ограничений в сфере модернизации и эксплуатации нефтебаз и нефтяных терминалов, качества нефти и нефтепродуктов, экологических вопросов хранения нефти и нефтепродуктов (рис. 1).

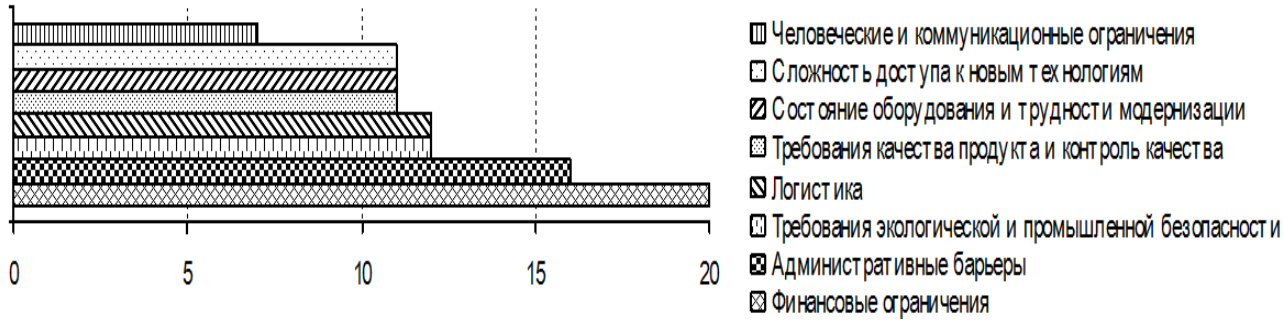


Рис. 1. Компании нефтяной промышленности, ощущающие ограничения активности (в % от количества респондентов)

Источник: построено по данным [5]

В качестве ведущего тренда в перспективе 22% респондентов в нефтянке указали цифровизацию и модернизацию существующих мощностей [5]. С системных позиций, переоборудование энергетических мощностей, направленное на рост производительности в ТЭК, может дать мультипликативный эффект для безопасности в масштабах национального хозяйства (рис. 2).

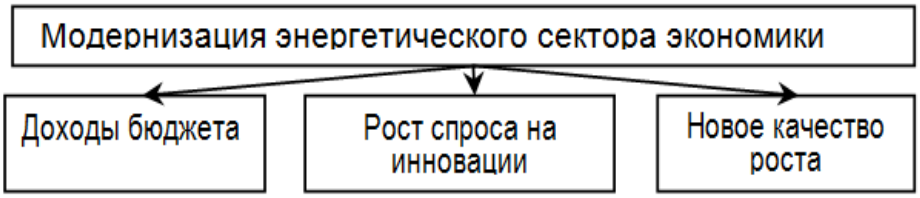


Рис. 2. Каналы связей между модернизацией ТЭК и ростом экономики

Однако в настоящее время развитие ТЭК влияет только на бюджет, влияние на инновационный спрос и улучшение качественных показателей экономического роста почти не прослеживается. В частности, вложения в новые проекты ТЭК дают небольшие мультипликативные эффекты из-за того, что наиболее сложная часть оборудования и технологий импортируется. Значительная часть передовых технологий мировой энергетики относится к сфере нефтепереработки, производства СПГ, добычи углеводородов в труднодоступных местах, таких как в Арктике. Санкции представляют главную угрозу в таких проектах, т.к. Россия не умеет, например, самостоятельно строить современные нефте- и газоперерабатывающие заводы или добывать нефть на шельфе без зарубежных технологий. Кроме того, заметным ограничением являются организационные факторы.

3 Способы поддержки

Планируется существенно увеличить производство СПГ. Поскольку 83% газа РФ добывает в Арктике, в целях поддержки проектов освоения арктических ресурсов и производства СПГ намечено снять мораторий на разработку и предоставить преференции и российским, и иностранным инвесторам. Будет два типа льготного налогообложения: (1) нулевые ставки платежей на определенный срок проекта или (2) пониженные ставки, но на весь срок реализации проекта [3].

В оценке проектов вложений в новые технологии сейчас мало учитываются социальные эффекты, привлекательность инвестиций рассматривается с рыночных позиций, что искажает структурную инвестиционную политику. Поэтому требуются оценки социальной стоимости энергии и новые методологические подходы к оценке целесообразности и эффективности введения новых технологий в связи с потерями здоровья, качества жизни, ухудшением среды обитания. Игнорирование научной методичности в постановке задач и выборе решений ведет к популизму.

Можно выделить четыре критерия в принятии стратегических решений в области модернизации ТЭК: технологический прогресс (вектор науки); эффективность (вектор бизнеса); качество жизни (социальный вектор); сохранение среды обитания (региональный вектор).

В целом, институциональная перестройка должна включать встраивание энергетических стратегий в систему народнохозяйственного планирования (рис. 3). Такая схема предполагает соответствующее институциональное обеспечение принятия решений, в т.ч. регламент взаимодействий между Минэнерго, исполнительными и координирующими органами.

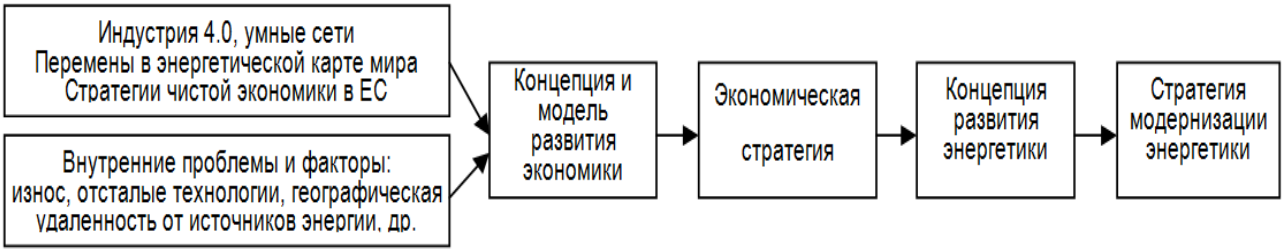


Рис. 3. Концептуальная схема стратегического планирования изменений ТЭК

Системные методы стратегирования технологических и иных изменений на основе механизмов обратных связей включают мониторинг и анализ результатов прошлых решений, в данном случае связанных с проблемами модернизации ТЭК, условиями и факторами энергетической безопасности, в т.ч. успешных и неудачных способов устранения барьеров и ограничений с учетом разных интересов территориальных субъектов, крупных компаний и национальных ориентиров создания эффективной и безопасной энергетики.

Литература

1. *Аганбегян А.Г.* Выйти из стагнации // Российская газета. 15.05.2019, № 102(7860). С. А2.
2. *Башмаков И.А.* Энергетика мира: мифы прошлого и уроки будущего // Вопросы экономики, 2018, № 4.
3. *Березина Е.* В российской Арктике разрешат бурить всем // Вольная экономика, 2019, №10. С. 113-116.
4. Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации. Указ Президента РФ от 13 мая 2019 г. № 216. ГАРАНТ.РУ. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72140884/.
5. Отчет по результатам исследования «Российская индустрия транспортировки, переработки и торговли нефтью, СУГ, СПГ и нефтепродуктами». VOSTOC CAPITAL. URL: http://oilterminal.org.
6. *Порфирьев Б.Н.* Климатические риски экономического роста // Вольная экономика, 2019, №10. С. 96-103.
7. Российский статистический ежегодник. Стат. сб. М.: Росстат, 2018.

ТИПОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Пикина Г.А. [1,2], Родоманова Ю.С. [2]

[1]Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»,Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная д.14

[2]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

pikinaga@mpei.ru, rodomanovayus@mail.ru

Аннотация: Продолжено исследование универсального беспоискового метода для одноконтурных автоматических систем регулирования (АСР). Рассмотрены нетрадиционные случаи параметрической оптимизации, редко встречающиеся в отечественной практике, но применяемые на западе (пропорционально-дифференциальный (ПД) и пропорционально-дифференциальный с двойным дифференцированием (ПДД2)).

Ключевые слова: нетиповые алгоритмы (ПД, ПДД2), квадратичный критерий качества, объекты с самовыравниванием и без самовыравнивания, переходный процесс

Введение

Стоявшая перед авторами задача разработки нового метода настройки линейных регуляторов является важной для перехода к интеллектуальному управлению основными процессами на электрических станциях. Метод должен был давать настройки АСР, близкие к глобальному минимуму, и при этом обеспечивать желаемый запас устойчивости.

К сожалению, известные методы, изложенные в [1,2] не давали рекомендаций о выборе настроек ПД и более сложных чем ПИД алгоритмов. В связи с этим была разработана методика расчета алгоритмов, которая позволила создать унифицированный подход настройки для разных классов регуляторов.

Основная идея универсального беспоискового метода была изложена в [3]. Она заключается в задании желаемой (субоптимальной) переходной характеристики замкнутой системы, получении частотной характеристики субоптимального регулятора с последующим приближением к ней комплексной частотной характеристики (КЧХ) линейного регулятора. Приближение частотных характеристик осуществляется с помощью метода наименьших квадратов.

Проведем оптимизационные расчеты ПД и ПДД2 регуляторов.

1 Расчет параметров настройки ПД регулятора для объектов различного вида

1.1 Объект с самовыравниванием

Рассчитаем настройки ПД регулятора для объекта (теплообменника) с передаточной функцией

$$W_{\circ}(p)=\frac{0.43\,\mathrm{e}^{-35p}}{(50p+1)(51p+1)}\ ^{\circ}\mathrm{C}/\%\mathrm{УП}. \quad (1)$$

Диапазон частот приближения КЧХ ПД и субоптимального регуляторов составил

ω = 0.0001...0.06 рад/с. Результаты расчета настроек для различных значений постоянных времени сглаживателя и значения интегрального квадратичного критерия качества I_2 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметрическая оптимизация ПД регулятора для объекта (1)

Постоянная времени T_c, с	**$K_д$, %УП /°С**	**$T_д$, с**	**I_2, (°С)^2**
10	3.53	44.59	17.61
20	3.29	37.94	16.75
30	3	33.71	15.35
40	2.73	30.83	14.58

С уменьшением постоянной времени сглаживателя T_c, увеличивается значение I_2, возрастает динамическая ошибка от установившегося значения и увеличивается колебательность переходного процесса. С ростом постоянной T_c увеличивается остаточная неравномерность.

На рис. 1 приведены графики переходных характеристик при оптимизации по каналу задания.

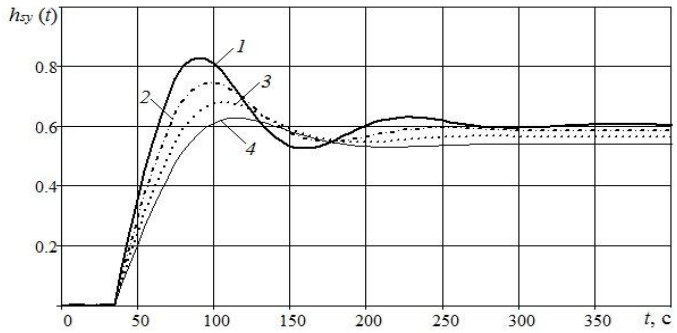


Рис. 1. Графики переходных характеристик по каналу задания с ПД регулятором: настройки беспоискового метода для различных Тс: 1 — 10 с; 2 — 20 с; 3 — 30 с; 4 — 40 с

Для получения наилучших переходных характеристик, постоянную времени сглаживателя следует выбирать примерно равной величине запаздывания в объекте.

1.2 Объект без самовыравнивания

Рассмотрим объект без самовыравнивания с передаточной функцией

(2) $$W_{\circ}(p)=\frac{0.0163\,\mathrm{e}^{-10p}}{p}$$ мм/т/ч.

Диапазон частот приближения КЧХ ПД и субоптимального регуляторов составил ω = 0.45...0.8 рад/с.

В таблице 2 представлены результаты нахождения настроек ПД регулятора при различных постоянных сглаживателя T_c и значения интегрального квадратичного критерия качества I_2.

Таблица 2. Параметрическая оптимизация ПД регулятора для объекта (2)

Постоянная времени Тс, с	Кр , т/ч/мм	Тд , с	I2, (мм)2
15	4.17	0.079	15.3
20	3.11	0.058	16.7
30	2.06	0.038	20.9

Графики переходных характеристик приведены на рис. 3.

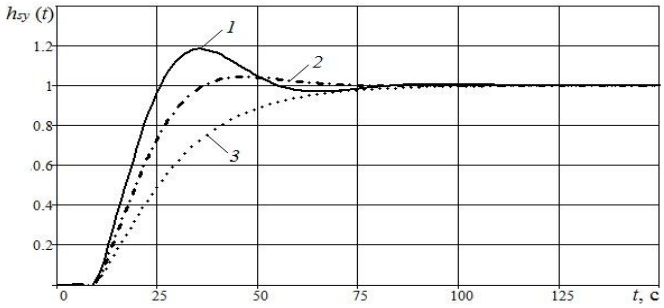


Рис. 3. Графики переходных характеристик по каналу задания с ПД регулятором: настройки беспоискового метода для различных T_c: 1 — 15 с; 2 — 20 с; 3 — 30 с

С ростом T_c уменьшается динамическая ошибка и колебательность переходного процесса. Длительность переходных процессов приблизительна одинакова. Рекомендуемым значением T_c является 20 с, что в два раза превышает запаздывание в объекте. Увеличение постоянной T_c приводит к росту величины I_2, а при ее уменьшении появляется нежелательная колебательность.

2 Пример расчета параметров настройки ПДД2 регулятора для объектов различного вида

Аналогичные расчеты были проведены и для нахождения настроек ПДД2 регулятора.

2.1 Объект с самовыравниванием

Для объекта с передаточной функцией (1) были найдены настройки ПДД2 регулятора при оптимизации по каналу задания. Диапазон частот приближения был выбран ω = 0.0001...0.06 рад/с. Постоянная T_c варьировалась. Результаты полученных исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3. Параметрическая оптимизация ПДД2 регулятора для объекта (1)

Постоянная времени Tc, с	**Kp , %УП /°C**	**Тд1 , с**	**Тд2 , с**	**I2, (°C)2**
10	5.99	26.26	18.74	20.25
20	4.78	26.12	16.32	18.85
30	3.97	25.52	14.42	17.69

Увеличение постоянной времени сглаживателя приводит к уменьшению динамической ошибки, но при этом увеличивается остаточная неравномерность. Значение I_2 уменьшается с увеличением T_c. Рекомендуемое значение $T_c \approx \tau/2$, где τ - время запаздывания в исследуемом объекте.

Сравнивания переходные характеристики для ПД и ПДД2 регулятора, можно сказать, что величина остаточной неравномерности для ПДД2 регулятора составила меньшее значение.

2.2 Объект без самовыравнивания

Определим настройки ПДД2 регулятора с объектом без самовыравнивания (2). Диапазон частот приближения составил ω = 0.45...0.8 рад/с. В таблице 4 представлены результаты нахождения настроек ПДД2 регулятора при различных постоянных сглаживателя T_c.

Таблица 4. Параметрическая оптимизация ПДД2 регулятора для объекта (2)

Постоянная времени T_c, с	K_p , т/ч/мм	$T_{д1}$, с	$T_{д2}$, с	I_2, (мм)^2
20	3.7	0.049	0.633	15.7
30	2.33	0.034	0.533	19.4
40	1.69	0.026	0.469	24

С ростом постоянной времени сглаживателя наблюдается рост I_2. Уменьшение динамической ошибки можно добиться путем увеличения постоянной времени сглаживателя, но при этом увеличивается длительность переходного процесса. Рекомендуемое значение постоянной времени сглаживателя $T_c \approx 3\tau$.

Сравним переходные характеристики ПД и ПДД2 алгоритмов для значения T_c = 20 с: динамическая ошибка приблизительно одинаковая, длительность переходной характеристики для ПД алгоритма составила приблизительно 80 с, а для ПДД2 — 60 с. Усложнением алгоритма регулирования удалось несколько улучшить качество переходных характеристик.

Заключение

Доказана состоятельность и очевидные достоинства предложенного при расчете одноконтурных АСР с объектами различного вида и линейными регуляторами любой сложности. Достоинства предлагаемого метода позволили расширить класс линейных алгоритмов регулирования, подлежащих параметрической оптимизации, за счет включения алгоритмов типа ПД и ПДД2.

Литература

1. *Ротач В.Я.* Теория автоматического управления: учебник для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396с.
2. *Aidan O'Dwyer* Handbook of PI and PID controller tuning rules, 3d Edition. - London: Imperial College Press, 2009.
3. *Rodomanova Yu. S., Pikina G.A., Pashchenko F.F.* Universal Searchless Method for Parametric Optimization of Predictive Algorithms / Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA2017, Macedonia). Ohrid: IEEE, 2017. PP. 952-957.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИГНАЛЬНЫХ ГРАФОВ И ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАПЛАСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Пикина Г.А.[1,2], Пащенко Ф.Ф. [2]

[1] Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14
[2]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
PikinaGA@mail.ru, pif-70@yandex.ru

Аннотация: Выполнено сравнение двух предложенных авторами методов для определения характеристик многоточечных моделей теплообменников. Показано, что для радиационных поверхностей и конвективных поверхностей с наружным кипящим или конденсирующимся теплоносителем целесообразно применять метод сигнальных графов, а для прямоточных и противоточных конвективных теплообменников с однофазными теплоносителями безусловным преимуществом обладает дискретно-непрерывное преобразование Лапласа.

Ключевые слова: теплообменники, многоточечные модели, метод сигнальных графов, дискретно-непрерывное преобразование Лапласа.

Введение

В работе рассматривается проблема получения динамических характеристик линейных моделей теплообменников, предназначенных для использования в задачах синтеза систем автоматического регулирования. Модели с распределенными параметрами (РП) обладают наибольшей точностью отражения реальных процессов, но в силу их сложности возникают трудности, в частности, при использовании стандартных программ компьютерного моделирования. Модели с сосредоточенными параметрами первого порядка (СП1) имеют слишком низкую точность, хотя до сих пор применяются в научных исследованиях [1]. Альтернативой являются многоточечные модели (СПn), которые проще для использования, а по точности с увеличением порядка n стремятся к точности РП моделей. Проблема оставалась в отсутствии аналитических методов получения динамических характеристик таких моделей. Нами предложено два метода решения системы дифференциальных уравнений: метод сигнальных графов и метод непрерывно-дискретного преобразования Лапласа. Сравнение методов проведен на примерах моделей радиационной и конвективной поверхности парового котла.

1 Метод сигнальных графов

Линеаризованная система уравнений энергии входящих в состав участков теплообменника сред преобразуется по Лапласу относительно времени. Полученная система алгебраических уравнений отображается в виде сигнального графа. Передаточные функции отдельных каналов определяются с помощью универсальной топологической формулы Мейсена [2].

1.1 Радиационная поверхность

Преобразованная по Лапласу система уравнений модели для n участков имеет вид:

$$\begin{cases} \vartheta^{\mathrm{I}} = \dfrac{k^{\text{эф}}}{\alpha_2^{\text{экв}}} W_{\text{м}} q_{\text{р}} + W_{\text{м}} \theta_2^{\mathrm{I}} \\ \theta_2^{\mathrm{I}} = W_2 \theta_2^{\text{н}} + \mathrm{St}_2 W_2 \vartheta^{\mathrm{I}} - k_{D2} W_2 D_2 \end{cases}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\begin{cases} \vartheta_n = \dfrac{k^{\text{эф}}}{\alpha_2^{\text{экв}}} W_{\text{м}} q_{\text{р}} + W_{\text{м}} \theta_2^{\text{к}} \\ \theta_2^{\text{к}} = W_2 \theta_2^{n-1} + \mathrm{St}_2 W_2 \vartheta_n - k_{D2} W_2 D_2 \end{cases}$$

Здесь $\theta_2^{\mathrm{I}},\ldots,\theta_2^{\text{к}}$; $\vartheta^{\mathrm{I}}, \ldots, \vartheta_n$ – температуры теплоносителя и стенок труб на границах участков.

Сигнальный граф системы уравнений показан на рис. 1.

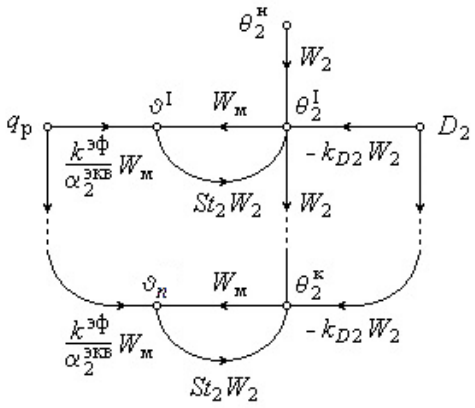


Рис. 1. Сигнальный граф модели радиационного теплообменника

Граф содержит n одинаковых контуров $K_2(p) = \mathrm{St}_2 W_2(p) W_м(p)$, отражающих взаимное влияние друг на друга температур потока в трубах и стенок труб. К температуре потока на выходе $\theta_2^{к}$ ведет 1 прямой путь от начальной температуры $\theta_2^{н}$ теплоносителя и по n прямых путей от его расхода D_2 и радиационного потока $q_р$. Следуя методике Мейсена, несложно найти передаточные функции каналов:

$$W_{\theta_2^{н}\theta_2^{к}}(p) = \frac{(W_2(p))^n}{(1-K_2(p))^n}, \quad W_{D_2\theta_2^{к}}(p) = -k_{D2}\frac{\sum_{i=1}^{n}(W_2(p))^i(1-K_2(p))^{n-i}}{(1-K_2(p))^n},$$

$$W_{q_р\theta_2^{к}}(p) = \frac{k^{эф}}{\alpha_2^{экв}} W_м(p)\frac{\sum_{i=1}^{n}(W_2(p))^i(1-K_2(p))^{n-i}}{(1-K_2(p))^n}.$$

1.2 Конвективные поверхности

Так же просто находятся передаточные функции конвективной поверхности с наружным теплоносителем на линии насыщения.

Однако сложность выражений передаточных функций конвективной поверхности с однофазными теплоносителями быстро возрастает с ростом порядка модели. Так, для канала $D_2 \text{ — } \theta_2^{к}$ модели противоточного теплообменника третьего порядка получаем

$$W_{D_2\theta_2^{к}} = \frac{\left(W_2^2(1-K_1)^2 + W_2(1-K_1)(1-K_1-K_2) + 1 - K_1 - K_2 - W_1W_2K_1K_2\right)}{(1-K_1-K_2)^3 + W_1W_2K_1K_2(2K_1+2K_2-3)} \times \left(-k_{D2}W_2(1-K_1)\right).$$

Использование многоточечных моделей более высокого порядка приводит к неоправданному увеличению сложности, причем не только конечного вида, но и процедуры получения результата. Обобщения на произвольный порядок *n* сделать не удалось.

2 Метод непрерывно-дискретного преобразования Лапласа

Рассмотрим метод на примере конвективной противоточной поверхности с однофазными теплоносителями. Предварительно преобразованные по Лапласу относительно времени уравнения энергии наружного теплоносителя, стенок труб и внутреннего теплоносителя с дискретным аргументом номера участка $\left(i = \overline{1,n}\right)$ запишем для произвольного участка разбиения

$$\begin{cases} \theta_1(p,i) = W_1(p)\theta_1(p,i+1) + \mathrm{St}_1 W_1(p)\vartheta(p,i) + k_{D_1}W_1(p)D_1(p,i), \\ \vartheta(p,i) = k_1 W_м(p)\theta_1(p,i) + k_2 W_м(p)\theta_2(p,i), \\ \theta_2(p,i) = W_2(p)\theta_2(p,i-1) + \mathrm{St}_2 W_2(p)\vartheta(p,i) - k_{D_2}W_2(p)D_2(p,i) \end{cases}$$

В целях сокращения выкладок исключим из системы температуру стенки ϑ.

Проведем z-преобразование этой системы [3] и запишем уравнения в стандартном виде

$$\begin{cases} (zW_{\theta_1\theta_1}-1)\theta_1(p,z)+W_{\theta_2\theta_1}\theta_2(p,z)=zW_{\theta_1\theta_1}\theta_1^{\text{вых}}(p)-W_{D_1\theta_1}D_1(p,z)-W_{D_2\theta_1}D_2(p,z); \\ -zW_{\theta_1\theta_2}\theta_1(p,z)+(z-W_{\theta_2\theta_2})\theta_2(p,z)=z\theta_2^{\text{н}}(p)-zW_{\theta_1\theta_2}\theta_1^{\text{вых}}(p)+W_{D_1\theta_2}D_1(p,z)+W_{D_2\theta_2}D_2(p,z). \end{cases}$$

Выполним обратное z-преобразование с учетом распределенности по длине воздействий от расходов теплоносителей. Решение системы методом Крамера позволило найти все передаточные функции модели произвольного порядка. Для примера приведем две из них:

$$W_{\theta_2^{\text{н}}\theta_2^{\text{к}}}(p,n)=W_{\theta_2^{\text{н}}\theta_1^{\text{вых}}}(p,n)\,\frac{W_{\theta_1\theta_2}(r_1^n-r_2^n)}{W_{\theta_1\theta_1}(r_1-r_2)}+\frac{W_{\theta_1\theta_1}(r_1^{n+1}-r_2^{n+1})-(r_1^n-r_2^n)}{W_{\theta_1\theta_1}(r_1-r_2)};$$

$$W_{D_2\theta_2^{\text{к}}}(p)=W_{D_2\theta_1^{\text{вых}}}(p,n)\,\frac{W_{\theta_1\theta_2}(r_1^n-r_2^n)}{W_{\theta_1\theta_1}(r_1-r_2)}+\frac{(W_{\theta_1\theta_1}W_{D_2\theta_2}-W_{\theta_1\theta_2}W_{D_2\theta_1})E_1(p)-W_{D_2\theta_2}E_2(p)}{W_{\theta_1\theta_1}};$$

В формулах использованы следующие обозначения:

$$E_1(p)=\left[\frac{A_1(r_1^n-r_2^n)+B(r_1^{n-1}-r_2^{n-1})}{r_1-r_2}+C\right],\quad E_2(p)=\left[\frac{A_2(r_1^n-r_2^n)+B(r_1^{n-1}-r_2^{n-1})}{r_1-r_2}+C\right],$$

$$A_1=\frac{r_1r_2-r_1-r_2}{(1-r_1)(1-r_2)},\quad A_2=A_1-1,\quad B=\frac{r_1r_2}{(1-r_1)(1-r_2)},\quad C=\frac{1}{(1-r_1)(1-r_2)},$$

корни характеристического уравнения

$$r_{1,2}=\frac{F(p)\pm\sqrt{F^2(p)-4W_{\theta_1\theta_1}W_{\theta_2\theta_2}}}{2W_{\theta_1\theta_1}},\ \text{где}\ F(p)=1+W_{\theta_1\theta_1}W_{\theta_2\theta_2}-W_{\theta_2\theta_1}W_{\theta_1\theta_2}.$$

Выполненные расчеты частотных характеристик поверхностей реальных котлов показали, что упрощение модели наружного теплоносителя до первого порядка практически не оказывает влияния на характеристики только двух каналов температуры внутреннего теплоносителя, связанных со своими входными воздействиями — расходом и температурой, однако это утверждение потребует проверки в случае близких по величине коэффициентов теплоотдачи теплоносителей. К остальным шести каналам такое упрощение применять недопустимо.

Сравнение характеристик многоточечной модели с характеристиками модели с распределенными параметрами теплоносителей убеждает в достоверности полученных результатов и позволяет дать рекомендации по выбору минимально возможного порядка для каждого канала. Это поможет не только корректно моделировать системы автоматического регулирования, но и грамотно выбирать величину шага дискретности по пространственной координате при компьютерных расчетах систем нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, отражающих процессы в теплообменных аппаратах.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, проект № 18-08-01090.

Литература

1. *Abdullah N.A., Yul Y.N2., Parsaulian S.2 & Yazid B.3.* Structured Mathematical Modeling of Industrial Boiler. // J. Eng. Technol. Sci. Vol. 46. 2014, No. 1. – P.102-122.

2. *Пащенко Ф.Ф., Пикина Г.А.* Основы моделирования энергетических объектов. – М.: Физматлит, 2011. – 464 с.

3. *Пикина Г.А., Нгуен Т.С., Пащенко Ф.Ф.* Дискретно-непрерывные многоточечные модели прямоточного теплообменника. Проблемы машиностроения и автоматизации. 2019, № 2. – С. 51-57.

СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМООБРАЗУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЭС

Попова О.М.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.130
pom@isem.irk.ru

Аннотация: Перспективным направлением развития электроэнергетики России является создание интеллектуальной электроэнергетической системы (ЭЭС). В работе отмечены принципы создания прототипов. Показано место разрабатываемого прототипа программно-вычислительного комплекса в условиях интеллектуальной ЭЭС. Для задачи оптимизации структуры системообразующей электрической сети ЭЭС рассмотрены особенности построения прототипа.

Ключевые слова: интеллектуальная ЭЭС, системообразующая электрическая сеть, оптимизация, прототип.

Введение

Реформирование электроэнергетики России предусматривает переход на инновационную технологическую платформу путем создания интеллектуальной ЭЭС (ИЭС). За рубежом такая платформа получила название Smart Grid.

Ведущая роль при модернизации электроэнергетики на новых принципах отводится электрической сети как структуре, обеспечивающей надежные связи генерации и потребителя [1]. В составе интеллектуальной ЭЭС электрическая сеть из пассивного устройства транспорта и распределения электроэнергии превращается в активный элемент, параметры и характеристики которого изменяются в реальном времени в зависимости от режимов работы энергосистемы [2]. Такую сеть называют активно-адаптивной электрической сетью (ААС) [3].

В ИСЭМ СО РАН создается программно-вычислительный комплекс (ПВК) для решения задачи оптимизации структуры системообразующей электрической сети (СЭС) [4]. Состав ПВК, его информационное и программное обеспечение подробно рассмотрены в работе [5]. В связи с актуальностью концепции интеллектуальной ЭЭС необходимо учитывать принципы ее создания при развитии ПВК, одним из которых является разработка различных прототипов.

1 Принципы создания прототипов

Прототип – это модель продукта, которая используется для презентации и тестирования перед поступлением производственного заказа [6]. Разработка прототипа начинается с создания концепции продукта. Изучаются особенности объекта и современные инновации, рассматриваются ожидаемые результаты реализации проекта. Разработчики предлагают несколько моделей, создается первый рабочий образец. Данный прототип проходит тестирование и испытание всех функций, которыми он обладает. Затем формируется стандарт продукта.

Прототипы программ создаются для анализа и выявления риска, предлагая возможности для коррекции при существенно меньших затратах. Прототипом интерфейса может служить даже небольшая блок-схема.

При создании прототипа можно не в полной мере учитывать следующие свойства разрабатываемого программного комплекса [7]:

- Корректность. Там, где это приемлемо, используются не точные данные.
- Завершенность. Прототип может функционировать лишь в ограниченном смысле, возможно, лишь с одним наперед заданным фрагментом входных данных и небольшим меню.
- Надежность. Процедура проверки ошибок, вероятно, будет неполной или будет отсутствовать вообще.
- Стиль. Имена переменных, функций, процедур, их последовательность не являются окончательными.

Прототип программного комплекса для задачи развития СЭС в условиях интеллектуальной ЭЭС выстраивается по следующей схеме:

- Проблема создания интеллектуальной ЭЭС

- автоматический контроль поузлового баланса активной и реактивной мощности;
- система контроля и управления напряжением в контрольных точках сети;
- наличие сетевых элементов, изменяющих топологию сети по управляющим воздействиям;

- система контроля загрузки критических сечений и выдачи управляющих воздействий для их разгрузки.

➢ Задача оптимизации развития системообразующей электрической сети

- ввод (подготовка), контроль исходных данных, формирование варианта сети;
- решение задачи оптимизации структуры СЭС;
- анализ и вывод полученных результатов.

➢ Прототип программно-вычислительного комплекса

- программная реализация выбранных вариантов сети.

2 Информационное и программное обеспечение прототипа ПВК

Компонентами программного обеспечения ПВК являются основная программа ElNetCut, база данных Elnetworks, система GAMS, предназначенная для решения задач математического программирования и пакет MapInfo Professional, используемый в качестве ГИС-инструментария.

В Концепции интеллектуальной ЭЭС формулируются требования, которые позволяют унифицировать коммуникационные интерфейсы объектов и субъектов ИЭС ААС. Эти требования необходимо учесть и в совершенствовании информационного и программного обеспечения задачи оптимизации структуры СЭС, прежде всего при дальнейшем формировании базы данных.

В связи с постановкой задачи оптимизации структуры системообразующей электрической сети ЭЭС, рассмотренной в [4, 5], существенное значение для создаваемого прототипа является формирование варианта сети. Прежде всего, необходимо осуществить ввод и контроль исходных данных. Далее в основной программе ElNetCut выбирается необходимая работа над вариантом. При этом, если необходимо создать вариант с "нуля", то последовательно формируются необходимые таблицы в БД Elnetworks (рис.1).

При формировании и редактировании таблиц выбранного варианта СЭС вызываются и отображаются соответствующие таблицы базы данных, и далее производятся необходимые действия по их содержанию. Здесь пользовательский интерфейс отражает взаимодействие основной программы с СУБД MySQL.

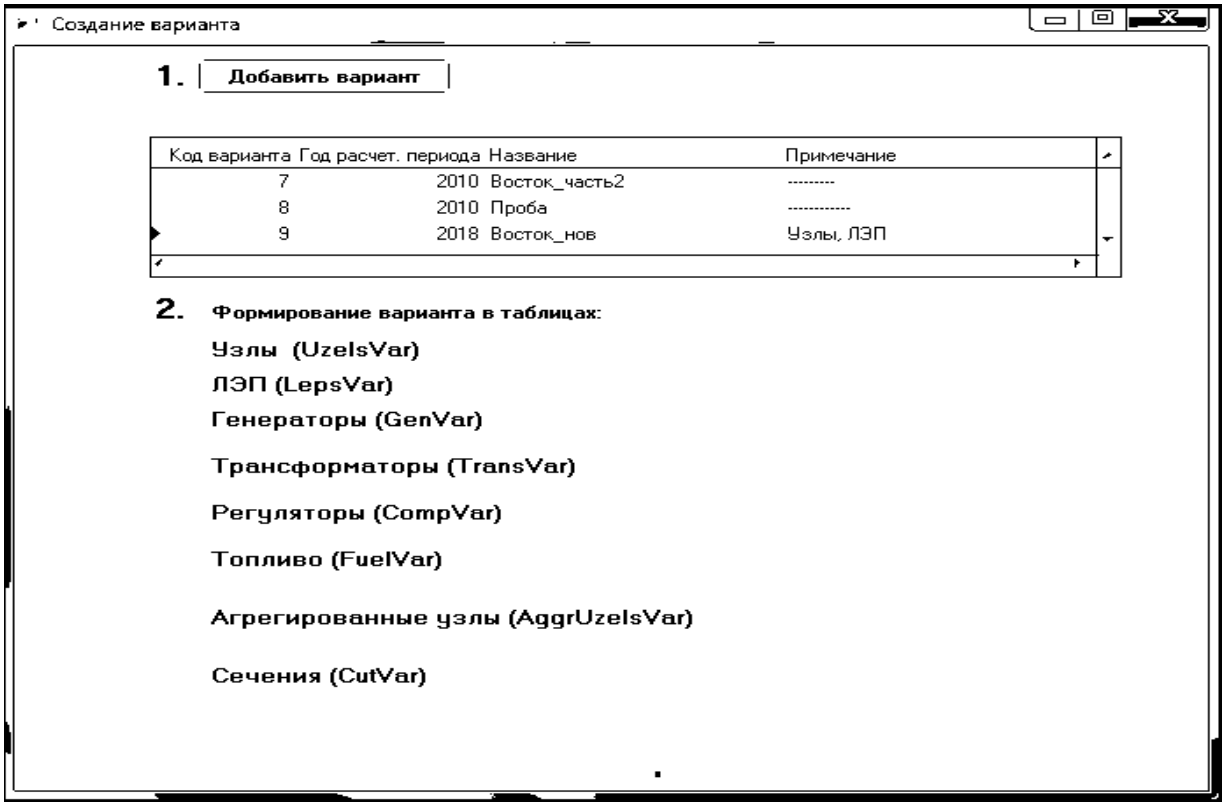


Рис.1 Формирование таблиц выбранного варианта СЭС в базе данных

После проверки подготовленных данных необходимая отформатированная информация посылается в систему GAMS для непосредственного решения задачи оптимизации структуры сети. Полученные результаты выводятся как в текстовом режиме, так и в графическом (картографическом) виде с помощью пакета MapInfo Professional (рис.2).

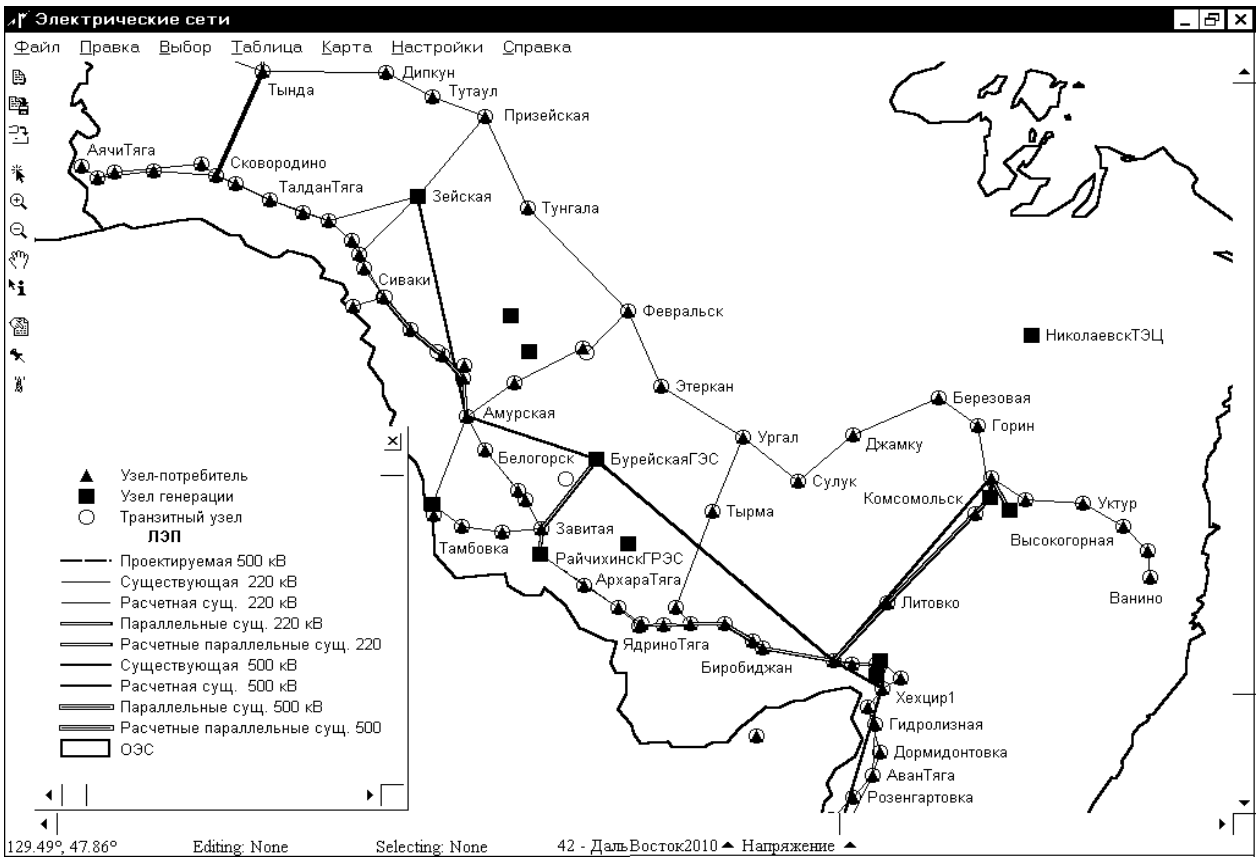


Рис.2. Пример вывода результатов в графическом виде

Использование прототипа программно-вычислительного комплекса для задачи развития системообразующей электрической сети позволит в условиях создания интеллектуальной ЭЭС последовательно решать проблемы информационного обеспечения ПВК, совершенствовать программное обеспечение и пользовательский интерфейс задачи.

Литература

1. Обоснование развития электроэнергетических систем: Методология, модели, методы, их использование / Н.И. Воропай, С.В. Подковальников, В.В. Труфанов и др.; отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2015. – 448 с.

2. Теоретические основы, методы и модели управления большими электроэнергетическими системами / отв. ред. Н.И. Воропай. – М., ПАО "ФСК ЕЭС", 2015. – 188 с.

3. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью. – М., ОАО "ФСК ЕЭС", 2012. – 219 с.

4. Попова О.М, Усов И.Ю. Оптимизация развития системообразующей электрической сети с помощью геоинформационных технологий // Проблемы управления. 2010. № 4. – С. 66–73.

5. Попова О.М. Развитие программно-вычислительного комплекса для решения задачи оптимизации структуры системообразующей сети электроэнергетических систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2017. № 1(5). – С. 102 - 111.

6. Варфел Т.З. Прототипирование. Практическое руководство. – М: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 240 с.

7. Прототипы в программировании. Режим доступа: http://www.imaladec.com/story/prototypes (дата обращения 15.10.2018).

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ[78]

Панкрушина Т.Г., Хоршев А.А.

Институт энергетических исследований Российской академии наук,
Россия, г. Москва, ул. Нагорная, д.31, к.2
t.pankrushina@eriras.ru, epos@eriras.ru

Аннотация: Рассматриваются предложения по трансформации методов и моделей планирования развития энергосистем, позволяющие исследовать масштабы развития низкоуглеродных технологий тепловой генерации. Приведены результаты применения данных методов, демонстрирующие наличие значительных зон ее эффективного применения в России, в т. ч. объектов малой (распределенной) энергетики.

Ключевые слова: электроэнергетика, низкоуглеродные технологии, распределенная генерация, оптимизационная модель, масштабы развития.

Повышение энергоэффективности электроэнергетики и сдерживание эмиссии парниковых газов (ПГ) являются одними из главных целей энергетической политики страны на современном этапе, скорейшему достижению которых может способствовать активный переход к низкоуглеродным энергетическим технологиям (далее – НЭТ) в тепловой энергетике. С учетом того, что тепловые электростанции составляют основную часть производственного потенциала отрасли, а основным используемым энергоресурсом является природный газ, именно переход к НЭТ на газовых ТЭС – через активную замену паровых турбин на ГТУ и ПГУ и развитие теплофикации, в том числе распределенной когенерации, является стратегическим решением для российской электроэнергетики. Очевидно, что при выполнении исследований развития электроэнергетики России на долгосрочную перспективу нельзя игнорировать этот большой сегмент отрасли, что требует соответствующей корректировки существующего методического подхода и модельного инструментария.

Низкоуглеродные технологии в теплоэнергетике можно разделить на два основных сегмента по крупности объектов:

- большая (системная) тепловая генерация (мощностью от сотни до тысяч МВт), работающая на прогрессивном газотурбинном и парогазовом оборудовании с повышенной топливной экономичностью (по сравнению с традиционным паросиловым оборудованием). При этом к крупной тепловой генерации, использующей НЭТ, могут быть отнесены как объекты нового строительства, так и обновляемые путем установки прогрессивного оборудования действующие ТЭС;
- малая (распределенная) генерация (РГ), прежде всего, когенерация на базе газотурбинных и газопоршневых установок.

При этом, если подходы к моделированию развития крупной тепловой генерации являются достаточно развитыми (например, [1 - 4] и др.), то адекватное представление технологий распределенной генерации требует соответствующей трансформации не только методических подходов, но и всего применяемого модельного инструментария – в первую очередь, оптимизационной модели развития электроэнергетики России в рамках ТЭК страны (EPOS) [5].

Важнейшей особенностью распределенной генерации является то, что она, являясь неотъемлемой частью электроэнергетики, прежде всего, нацелена на обеспечение энергетических нужд конкретного потребителя. Принимая решение о сооружении объекта распределенной генерации, потребитель обычно сопоставляет стоимость производства тепла и электроэнергии на собственном объекте со стоимостью их приобретения на розничном рынке [6]. Таким образом, включение распределенной генерации в процесс планирования требует адекватно совместить традиционные «жесткие» подходы централизованного и оптимального планирования с «гибкими» решениями, учитывающими индивидуальные особенности экономики энергоснабжения конкретных потребителей. Другими словами, необходимо перенести «уровень принятия решений» об эффективности принимаемых инвестиционных решений с «оптового» – общесистемного – уровня на «розничный» – уровень конечного потребителя.

Это потребует, в первую очередь, при моделировании условий электроснабжения в системе балансовых уравнений выделить не только «оптовый» уровень (энергосистема в целом), но и «розничный» уровень (уровень конечного потребителя энергии). Именно на «розничном» уровне должен быть задан спрос на электроэнергию конечных потребителей, который может быть обеспечен

[78] *Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ (проект № 17-79-20354)*

как за счет поставок с «оптового» уровня, так и за счет объектов распределенной генерации. При этом потенциально возможна еще большая детализация «розничного» уровня баланса электроэнергии с его разделением по категориям потребителей по уровню напряжения (ВН, СН-1, СН-2 и НН), что позволяет оценить эффективные масштабы развития распределенной генерации для каждой из этих категорий. Такое описание условий электроснабжения делает крайне важным адекватный учет сетевых потерь и затрат на передачу электроэнергии с «оптового» уровня на «розничный», которые при отсутствии информации могут быть приняты на основе отчетных тарифов на передачу электроэнергии внутри региональной энергосистемы.

Во-вторых, моделирование объектов распределенной когенерации (РКГ), являющейся участником не только рынка электроэнергии (и мощности), но и тепловой энергии, требует достаточно детального представления также и условий теплоснабжения в каждой из региональных энергосистем. При этом, также как и для электроэнергии, баланс централизованно отпускаемого тепла должен быть разделен, как минимум, на два уровня – уровень магистральной тепловой сети, на котором функционируют крупные источники (как ТЭЦ, так и котельные), и уровень конечного потребителя, спрос на котором должен быть удовлетворен за счет поставок из магистральной сети (с учетом потерь) или производства на распределенных источниках. Это требует хотя бы укрупненного учета в модели затрат на транспорт тепловой энергии из магистральной сети до конечного потребителя. Для распределенных источников, размещаемых в непосредственной близости к потребителю, такими затратами можно пренебречь.

Кроме того, смоделирована возможность модернизации действующих котельных за счет сооружения на их базе объектов распределенной когенерации, а также замещения крупных ТЭЦ распределенными источниками – не только когенерационными, но и котельными.

Важно отметить, что учет в целевой функции оптимизационной модели всего спектра затрат, связанных с передачей электроэнергии и тепла, приведет к существенному увеличению ее значения – вплоть до 70 – 100 %.

Для апробации подхода и предложенных изменений оптимизационной модели была произведена количественная оценка оптимальных масштабов развития НЭТ в ЕЭС России при варьировании множества факторов неопределенности. Проведенные многовариантные расчеты показали:

1) Практическую невозможность в современных условиях обосновать эффективность развития распределенной тепловой генерации без изменения идеологии планирования развития энергосистем путем переноса «центра принятия решений» с общесистемного уровня на уровень конечного потребителя энергии.

2) Величина затрат на передачу электроэнергии с «оптового» на «розничный» уровень оказывает значительное влияние на технологическую конкуренцию НЭТ в тепловой энергетике и оптимальные масштабы развития распределенной когенерации. При стоимости передачи по тарифу для потребителей категории ВН развитие РКГ в некоторых регионах страны уже эффективно, но ее масштабы на уровне 2040 г. не превысят 1,4 – 2,1 ГВт. С ростом величины тарифа на передачу (при переходе от категории ВН к НН) они будут повышаться, а при тарифе на уровне категории НН достигнут своего предельного значения (около 10 ГВт), исходя из принятого объема спроса на тепловую энергию, на который претендуют объекты РКГ.

При этом рост объемов РКГ будет практически полностью компенсироваться снижением масштабов развития крупных низкоуглеродных ТЭС (ПГУ и ТЭЦ), что в итоге не позволит значительно нарастить суммарную мощность НЭТ в тепловой энергетике – она может увеличиться лишь до 64 ГВт в 2040 г., что составит около 22 % общей мощности электростанций ЕЭС России.

3) Отказ от выхода цен газа на равнодоходность с экспортными поставками к 2030 г, т.е. их стагнация (в реальном выражении) приведет в этот период к незначительному снижению суммарных масштабов развития НЭТ в тепловой энергетике (с 54 до 52 ГВт), прежде всего, за счет значительного сокращения объемов обновления низкоэффективных действующих газомазутных ТЭС при более сдержанном увеличении масштабов ввода новых крупных ПГЭС.

В 2040 г. продолжающееся сдерживание цен газа, напротив, приведет к значительному росту масштабов внедрения НЭТ в тепловой энергетике – с 61 до 68 ГВт (их доля в структуре установленной мощности ТЭС при этом увеличится с 38 до 42 %). Здесь падение объемов обновления на действующих ТЭС будет компенсироваться ростом вводов новой мощности ТЭС (как крупных, так и распределенных), выигрывающих конкуренцию у генерации на альтернативных видах энергоресурсов – прежде всего, угле и атомной энергии.

4) Изменение стоимости инвестируемого капитала, которая отражается в ставке дисконтирования, не оказывает практически никакого влияния на масштабы внедрения РГ, но существенно влияет на

объемы развития крупной тепловой генерации на базе НЭТ. Так, рост ставки дисконта с 7,5 до 10 % приводит к снижению мощности новых крупных низкоуглеродных ТЭС примерно на 6 ГВт на уровне 2040 г. Это будет происходить, прежде всего, за счет вытеснения более капиталоемких мероприятий по обновлению действующих и новому строительству прогрессивных ТЭС менее капиталоемкими, но не обеспечивающими существенного роста энергоэффективности мероприятиями по модернизацию оборудования действующих ТЭС.

5) Возможное введение платы за выбросы углерода в России в период после 2030 г. даже на уровне, 1200 руб./т CO_2 (сопоставимом с современной ценой в европейской системе ETS) приведет к существенному росту масштабов развития НЭТ в тепловой энергетике – с 61 до 80 ГВт на уровне 2040 г. Этот рост будет обеспечиваться за счет объемов нового строительства крупных высокоэффективных и обновления действующих ТЭС, в то время как масштабы развития распределенной когенерации, напротив, даже незначительно сократятся. Такое масштабное развитие НЭТ наряду с активным вытеснением угольной генерации (не только за счет газовой, но и АЭС) позволит увеличить их долю в суммарной структуре ТЭС к 2040 г. более чем до 51 % по сравнению с 38 % при отсутствии мер по сдерживанию выбросов ПГ.

6) Еще более важным фактором, определяющим масштабы развития как крупной низкоуглеродной тепловой энергетики, так и распределенной когенерации может стать ограничение на масштабы развития их основного конкурента – атомной генерации. Например, невозможность достижения оптимальных темпов ввода АЭС в период после 2030 г. (примерно 3,4 блока мощностью 1250 МВт ежегодно) будет способствовать дополнительному росту масштабов развития НЭТ в тепловой энергетике: при вводе в период после 2030 г. лишь 1 энергоблока АЭС в год масштабы развития НЭТ тепловой энергетики увеличатся почти на 20 ГВт и достигнут 80 ГВт к 2040 г. Однако помимо развития НЭТ необходимо и значительно увеличить мощности углеродоемкой угольной генерации, что не позволит существенно увеличить долю НЭТ в структуре установленной мощности ТЭС – всего до 42 %.

Таким образом, несмотря на значительное изменение структуры низкоуглеродных технологий тепловой энергетики под воздействием факторов неопределенности, их суммарные масштабы развития оказываются достаточно устойчивыми и на уровне 2040 г. практически всегда находятся в диапазоне 60 – 80 ГВт при установленной мощности электростанций в ЕЭС России более 280 ГВт, то есть доля НЭТ будет составлять 20 – 30 %.

Литература

1. *Veselov F., Solyanik A., Khorshev A.* Evaluation of Adaptation Capability of the Russian Power Industry in front of Changes in Macroeconomic and Price Factors / Proceedings of 2018 11th International Conference Management of Large-Scale System Development, MLSD 2018. DOI: 10.1109/MLSD.2018.8551891.
2. *Веселов Ф.В., Макарова А.С., Хоршев А.А*. Опыт моделирования технологий и системного обоснования масштабов теплофикации в задачах перспективного развития электроэнергетики / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011). Труды Пятой международной конференции (ежегодный сборник). Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. М.: ИПУ РАН. 2011. С. 354-357.
3. Обоснование развития электроэнергетических систем: методология, модели, методы, их использование / Под ред. Н.И. Воропая. Новосибирск: Наука. 2015. – 448 с.
4. Системные исследования проблем энергетики / Под ред. Н.И. Воропая. Новосибирск: Наука. 2000. – 558 с.
5. *Макаров А.А., Веселов Ф.В., Макарова А.С., Хоршев А.А.* Использование оптимизационного инструментария в задачах долгосрочного развития топливно-энергетического комплекса и энергетических рынков / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012). Труды Шестой международной конференции. Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. М.: ИПУ РАН. 2012. С. 313-323.
6. *Pankrushina T., Solyanik A., Zolotova I.* Impact of grid tariffs on the competitiveness of distributed generating sources in the regions of Russia / Proceedings of the International Scientific Conference "Far East Con" (ISCFEC 2018). Series: Advances in Economics, Business and Management Research. DOI: 10.2991/iscfec-18.2019.155.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОСВОЕНИЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Скиба А.К.[1] , Скиба Н.К.[2]

[2]Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»РАН, Россия, г. Москва, ул. Вавилова 40

[2]ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Россия, г. Краснодар, ул. Московская 2

a.k.skiba@mail.ru,n_skiba@mail.ru

Аннотация: Строится непрерывная динамическая модель освоения газоконденсатного месторождения. Предполагается использование сайклинг-процесса, для осуществления которого осуществляется закачка сухого газа в пласт. Управлениями динамическим процессом являются прирост добывающих и нагнетательных скважин и доля нагнетательных скважин, задействованных на добычу.

Ключевые слова: газоконденсатное месторождение, сайклинг-процесс, стратегия разработки газоконденсатного месторождения, добыча газа, добыча конденсата, динамическая модель разработки газоконденсатного месторождения.

Среди наиболее важных народнохозяйственных проблем является задача комплексного использования ресурсов газоконденсатных месторождений. Газ и газовый конденсат являются ценным сырьём для химической и нефтехимической промышленности. В состав добываемого сырья включены этан, метан, бутаны, бензино-керосиновые фракции углеводородов, дизельные фракции углеводородов, высокомолекулярные жидкие компоненты нефти и углеводороды С5 и выше.

Особенность разработки газоконденсатных месторождений характеризуется наличием специфических (ретроградных) явлений, проявляющихся в процессе эксплуатации залежи [1].

В процессе эксплуатации газоконденсатных месторождений выявлено следующее. Газовый конденсат при начальном высоком давлении и температуры в пласте с начала разработки залежи находится в газообразном состоянии. По мере движения газа по стволу скважины от забоя к устью газовый конденсат начинает оседать, и продукция скважины на поверхности представлена двумя раздельными фазами – газовой и жидкой, которые двигаются в едином потоке. Оседание конденсата может происходить и в пласте при падении давления, связанном с постепенным истощением запасов.

Газовый конденсат представляет собой смесь жидких углеводородов, выделившихся из газовой фазы при снижении пластового давления и температуры. Весовое содержание конденсата в единице объема добываемого жирного газа (потенциальное содержание газового конденсата) в зависимости от пластового давления описывается функцией $G(p)$. Численные значения такой функции определяются для каждой конкретной залежи в результате лабораторных экспериментов с пробами газа на установках высокого давления.

Важно отметить то, что функция G(p) имеет S-образную форму, т.е. G(p) является выпукло-вогнутой функцией. Особенность структуры такой функции может оказывать существенное влияние на выбор стратегии дальнейшего развития всей системы в целом [2].

Современные технологии разработки газоконденсатного месторождения, применяемые в отечественной газовой промышленности, основаны обычно на использовании только природной энергии пласта и ничем не ало отличаются от технологий разработки чисто газовых месторождений. Данная стратегия освоения газоконденсатных месторождений практически не учитывает многокомпонентного состава сырья и приводит к большим безвозвратным потерям жидких углеводородов (газового конденсата).

Существенного снижения потерь газового конденсата можно достичь с помощью сайклинг-процесса, при котором энергия пласта поддерживается за счет закачки в пласт осушенного природного газа.

На практике применяются несколько разновидностей сайклинг-процесса:

- Полный сайклинг-процесс, при котором для поддержки первоначального пластового давления весь добытый и осушенный газ вновь закачивается в пласт;
- Частичный айклинг-процесс. В пласт закачивается только часть добытого и осушенного газа. В этом случае давление падает постепенно, и в пласте происходит незначительное оседание газового конденсата;

- Канадский сайклинг-процесс. Добытый и осушенный газ в летний период времени полностью или частично закачивается в пласт, а зимой в период наибольшего спроса он полностью отбирается.

Схема применения сайклинг-процесса в модели освоения газоконденсатного месторождения изображена на рис. 1.

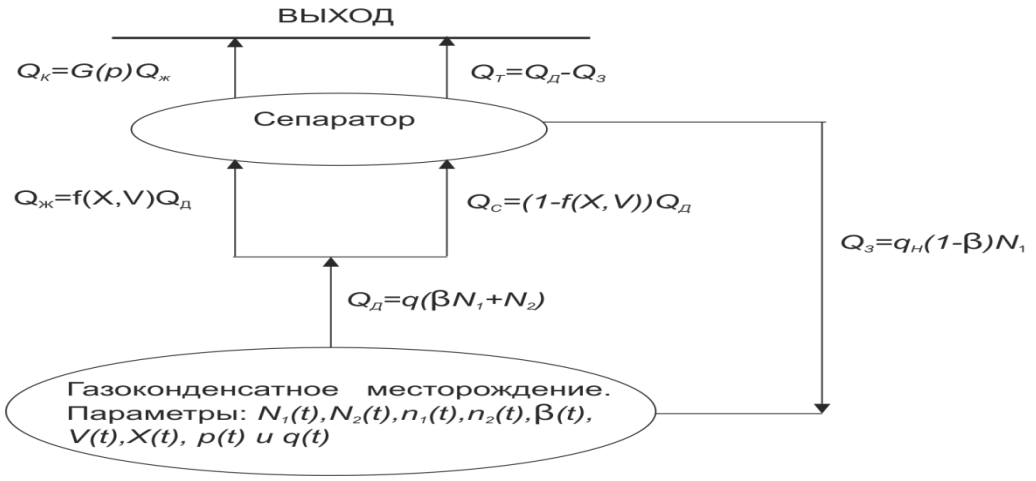


Рис. 1. Схема применения сайклинг-процесса в модели освоения газоконденсатного месторождения

Для построения модели газоконденсатного месторождения введем следующие обозначения:

N_1, N_2, -фонд нагнетательных и фонд эксплуатационных скважин;

n_1, n_2-ввод в эксплуатацию нагнетательных и добывающих скважин;

β - доля фонда нагнетательных скважин, используемых как добывающие скважины $(1 \geq \beta \geq 0)$;

$q, q_н$- дебит добывающих скважин и приемистость нагнетательных скважин (приемистость нагнетательных скважин считаем неизменной величиной);

$Q_ж, Q_т, Q_к$ - добыча жирного газа, товарная добыча газа и добыча газового конденсата;

$Q_д, Q_с, Q_н$ - совокупная добыча жирного и сухого газа, добыча сухого газа и текущий объем закаченного в пласт газа;

V, X- текущий извлекаемый запас газа и текущий запас жирного газа;

p- пластовое давление.

Начальные значения используемых величин помечены верхним индексом «0».

Изменения во времени фондов скважин описываются уравнениями

(1) $\dot{N}_i = n_i, \quad i = 1,2.$

Добыча жирного газа и конденсата рассчитывается по формулам:

(2) $Q_ж = Q_д f(X,V) = q(N_2 + \beta N_1) f(X,V);$

(3) $Q_к = Q_ж G(p).$

О функции $G(p)$ сказано выше, а о функции $f(X,V)$ будет подробно сказано ниже.

Пренебрегая объемом добываемого конденсата по сравнению с объемом газа, имеем

(4) $Q_т = Q_д - Q_н = q(N_2 + \beta N_1) - q_н(1-\beta)N_1.$

Заметим, что если в сайклинг-процессе используется сухой газ только из рассматриваемого месторождения, то $Q_т \geq 0$.

Динамика запасов описывается дифференциальными уравнениями: $\dot{V} = -Q_т$ и $\dot{X} = -Q_ж$. При этом очевидно двойное неравенство $V \geq X \geq 0$.

Как и в моделях газового и нефтяного месторождений, делается упрощающее предположение о пропорциональности изменения дебитов скважин, пластового давления и извлекаемого запаса газа, т.е. $q = \frac{q^0}{V^0}V$, $p = \frac{p^0}{V^0}V$. Откуда динамика запасов газа представится в следующем виде:

(5) $\dot{q} = -\frac{q^0}{V^0}Q_т,$

Данное уравнение для случая газового и нефтяного месторождения было впервые предложено А.В. Федосеевым и В.Р. Хачатуровым [3-5] и являлось основой для постановки и решения ряда оптимизационных задач [6,7].

Для завершения построения модели опишем упомянутую выше функцию $f(X,V)$. Данная функция определяет долю жирного газа в добываемом газе. Эта функция характеризует процесс вытеснения жирного газа из пласта нагнетаемым сухим газом. В начале разработки $f(X,V)=1$, когда весь газ полностью вытеснен f(X,V)=0. Вообще говоря, точный вид функции f(X,V) до начала разработки неизвестен, Относительно него можно сделать лишь априорные предположения:

происходит поршневое вытеснение жирного газа сухим без смешивания газов и без прорыва сухого газа к забоям скважин, работающих на добычу. После полного извлечения жирного газа сухой газ одновременно поступает во все скважины. В таком случае $f(X,V)=\begin{cases}1 \text{ при } X>0,\\ 0 \text{ при } X=0;\end{cases}$ происходит мгновенное равномерное смешивание сухого и жирного газов с мгновенным прорывом сухого газа к забоям добывающих скважин. В добываемом газе объемы жирного и сухого газов пропорциональны их текущим запасам в пласте. В этом случае $f(X,V)=\frac{X}{V}$; третье предположение является комбинацией первых двух с некоторым коэффициентом α $(1 \geq \alpha \geq 0)$.Модель построена.

Управляющими параметрами в модели являются n_1, n_2 и β. Выбирая динамику управляющих параметров, мы можем генерировать различные виды сайклинг-процессов, вычисляя при этом прибыль, затраты и т. д. В том числе и величины безвозвратных потерь газового конденсата в зависимости от той или иной стратегии разработки газоконденсатного месторождения. Кроме того на основе построенной модели можно поставить различные оптимизационные задачи, позволяющие ориентироваться при выборе стратегий разработки газоконденсатных месторождений как с учетом так и без учета сайклинг-процесса.

Литература

1. Гриценко А.И., Островская Т.Д., Юшкин В.В. Углеводородные конденсаты месторождений природного газа. - М.: Недра, 1983. -263 с

2. Skiba A. K. Optimal Growth with a Convex-Concave Production Function // Econometrica. 1978. Vol. 46. — Pp. 527–539.

3. Хачатуров В.Р., Соломатин А.Н., Злотов А.В. и др. Планирование и проектирование освоения нефтегазодобывающих регионов и месторождений: Математические модели, методы, применение / Под ред. В.Р. Хачатурова. -М.:УРСС:ЛЕНАНД, 2015. -304 с.

4. Крюков В.А., Скиба А.К., Федосеев А.В. Задачи оптимального управления разработкой газоконденсатного месторождения. -М.: ВЦ АН СССР, 1990. -44 с.

5. Федосеев А.В., Хачатуров В.Р. Постановка и исследование задач оптимального управления для анализа перспективных планов в нефтедобывающей промышленности //В сб.: Имитационное моделирование и математические методы анализа перспективных планов развития нефтедобывающей промышленности. -М.: ВЦ АН СССР, 1984. -С. 66-112.

6. Скиба А.К. Принцип максимума в задаче максимизации дохода для модели газового месторождения // Вестник РУДН. Серия "Математика. Информатика.Физика". 2009. Т. 1. - С. 14-22.

7. Скиба А.К. Смешанное ограничение в прикладной задаче оптимального управления // Вестник РУДН. Серия "Математика. Информатика. Физика". 2012. Т. 4. - С. 31-43.

ПОИСК ГРАДИЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ РАЙОНОВ С УЧЁТОМ СИСТЕМЫ ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Смагличенко Т.А.[1], Соколова Н.В.[1], Смагличенко А.В.[2], Генкин А.Л.[2], Саянкина М.К.[1]

[1]Институт проблем Нефти и Газа РАН,
Россия, г.Москва, ул. Губкина д.3
tasmaglichr@gmail.com, sona@ipng.ru, msayankina@gmail.com

[2]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
losayelin@gmail.com, algenkin@yandex.ru

Аннотация: Районирование большой территории, включающей энергетические ресурсы и соответственно производственно-транспортную систему, может быть сделано путём вычислений градиентных сейсмических моделей, связанных с моделированием географической оболочки. Это даёт возможность оконтурить места

риска функционирования системы, а также проявить отличительные признаки расположения месторождения.

Ключевые слова: энергетика, месторождения газа, сейсмические модели, междисциплинарные вычисления.

Введение

Центральным ядром энергетических ресурсов являются месторождения ископаемого топлива, которое после добычи проходит через производственную систему очистки и благодаря масштабной транспортной системе доставляется к потребителю. Затраты на транспортировку топлива в связи с большими расстояниями могут быть существенными.

Система нуждается в контроле. Одним из её свойств является тесная связь с окружающей средой [1]. Незначительный природный или техногенный сбой в такой связанной крупномасштабной системе может создавать угрозу её нормальному функционированию в целом, и соответственно непредсказуемому возрастанию затрат. В фокусе данного исследования – определение свойств геологической среды, которое позволит проводить районирование региона с последующим сопоставлением составляющих элементов видимой производственно-транспортной системы с разномасштабной структурой глубинной среды для обеспечения надёжности функционирования системы.

1 Районирование посредством вычисления одномерных моделей

1.1 Произвольная минимальная модель

Показательной характеристикой регионов и входящих в них районов является вычисленная одномерная минимальная модель, построенная по данным микросейсмичности (землетрясений с малыми магнитудами) [2]. Для получения модели нелинейная функция реального времени пробега сейсмической волны, распространяющейся от источника (землетрясения) до приёмника, расположенной на земной поверхности, приближается суммой значений времён, которые волна затратила на прохождение в глубинных слоях, аппроксимирующих геологическую среду. Для множества источников и станций минимизируется разница между реальными наблюдениями и значениями модельных времён, просуммированных по слоям. Найденные скорости сейсмической волны для каждого слоя определяют одномерную минимальную модель.

Такие модели дают начальное представление о глубинном распределении скорости, которая, как известно, отражает расположение горных массивов и присутствие флюидов в областях месторождений и их окружении.

1.2 Минимальная градиентная модель

Особого внимания заслуживают градиентные модели, которые показывают линейную зависимость от глубины физических параметров, включающих сейсмическую скорость, температуру и другие показатели. Факторами, влияющими на изменение градиента, могут быть различные типы пород, определённое содержание в них радиоактивных элементов, различные виды теплообмена [3]. Для поиска одномерной минимальной градиентной модели был разработан метод, использующий в качестве критерия устойчивости несмещённые статистические оценки разности реальных и модельных значений исследуемых регистрируемых данных [4]. Опыт вычислений показал невозможность построения несмещённой оценки для региона в силу разнообразных структур геологической среды на большой территории. Поэтому была разработана технология разбиения области на районы в соответствии с географическими и другими признаками, предусматривающая получение несмещённых оценок для каждого района, а также построение сейсмических аттракторов [5].

В настоящей статье мы впервые тестируем эффективность применения нового принципа районирования, базирующегося на оконтуривании зон разрядки напряжений (разуплотнения) разного ранга, в которых действуют относительно независимые литогидродинамические потоки, в том числе определяемые реками [6]. Внутри каждого такого участка часто функционируют две ортогональные динамические границы, отражающие взаимодействие противоположных потоков в ортогональных плоскостях.

2 Результаты вычислений, связанных с информацией о потоках земного вещества

Вычисление минимальной градиентной модели основаны на линеаризации посредством ряда Тейлора нелинейной функции времени t пробега сейсмической волны, зарегистрированной приёмником на поверхности. В отличие от произвольной минимальной модели, которая опирается на вычисления функции в стартовой точке разложения, определяемой известными модельными значениями времён в

глубинных слоях, градиентная минимальная модель строится от двух отправных значений $v0^0$ и $v1^0$ стартовой модели, заданной прямолинейной функцией $V^0(z) = v0^0 + v1^0 * z$, где z глубина [4]:

$$(1) \quad t(v0, v1) = t(v0^0, v1^0) + \frac{\partial t}{\partial v0}(v0 - v0^0) + \frac{\partial t}{\partial v1}(v1 - v1^0) + e(v0, v1).$$

В уравнении (1) значения временной функции $t(v0^0, v1^0)$, а также её производных $\frac{\partial t}{\partial v0}$ и $\frac{\partial t}{\partial v1}$ вычисляются для известной скоростной функции $V^0(z)$. Значения $e(v0, v1)$ соответствуют ошибке аппроксимации. Неизвестные значения $V0$ и $V1$, определяющие минимальную градиентную модель, находятся путём минимизации квадратичной ошибки разностей $t(v0, v1) - t(v0^0, v1^0)$ для всех зарегистрированных событий. В случае, если статистический разброс значений $t(v0, v1) - t(v0^0, v1^0)$ вокруг среднего значения и стандартное отклонение близки к нулю, то градиентная модель считается построенной, в противном случае процесс итерационно повторяется.

Понятно, что близость получаемых значений к несмещённым оценкам означает, что модель изучаемого района хорошо отражает её градиентные свойства. Однако, условие не всегда выполняется, и поэтому в настоящей работе мы предлагаем связывать вычисления с моделями строения географической оболочки.

Для исследования крупномасштабной системы в качестве примера мы рассматриваем достаточно большую территорию на юге Исландии. Известно, что в данном регионе задействованы возобновляемые энергетические ресурсы. Геотермальные ресурсы вблизи вулканической системы позволили построить и эксплуатировать теплоэлектростанции Несьяветлир и Хетлисхейди и снабжать горячей водой г. Рейкьявик. Однако, в тоже время неоднократный анализ образцов пород, проведённый в этом регионе, подтверждает значительное присутствие углеводородов там [7]. Таким образом, опыт изучения данной территории необходим для стран, содержащих возобновляемые источники энергии. Более того, мы получили результаты разработанной методики в области, включающей месторождение чистого природного газа CO2. Микросейсмичность была зарегистрирована немногочисленной сетью постоянно действующих сейсмических станций в условиях эксперимента, приближенного к современным российским условиям. Данные были представлены в рамках сотрудничества с исландским фондом RANNIS. Отметим, что исландские сейсмические станции оснащены трёхкомпонентными датчиками, достаточно чувствительной аппаратурой, чтобы выделять сейсмические события малых магнитуд.

Рисунок 1 демонстрирует несколько градиентных скоростных моделей, в том числе в районе вулкана Гримснес, вблизи которого расположен завод в Хайдаренди по производству жидкой углекислоты CO2, используемой в коммерческих целях. Производственная система осваивает месторождение, содержащее большой процент газа.

Можно видеть, что модель в районе месторождения (выделенная линия) отличается от остальных, соседствующих с месторождением в низменности районов, завышенным значением градиента. Расчленение исследуемой территории согласно принципам районирования с применением моделирования географической оболочки, изложенным в работе [6], позволило получить лучшие статистические оценки и сделать это отличие более явным по сравнению с предыдущим результатом, описанным в работе [5]. Завышенный градиент означает, что район месторождения характеризуют достаточно высокие по сравнению с остальными районами сейсмические скорости, которые, как известно, отвечают плотным породам. Эти породы создают защитную природную оболочку площади выхода газа. В целом, результаты показывают, что граница между районом месторождения и районом, расположенными в западной части системы реки Тьоурсау, является критической в смысле сейсмического риска, так как происходит резкий скачок значений сейсмической скорости в связи с сильной разницей в градиентах. Таким образом, можно сделать вывод о вероятном повышенном напряжённом состоянии геологической среды вдоль границы оконтуривания этих районов. Если предположить, что в рассматриваемом регионе функционирует транспортная масштабная система, то соответствующие рекомендации могут иметь место. Предложенный подход деления территории на части в соответствии с оценкой характеристик геологической среды может быть расширен для контроля других крупномасштабных промышленных систем.

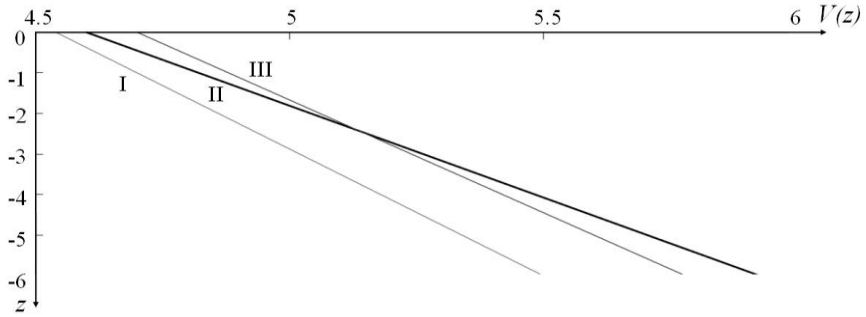


Рис. 1. Градиентные модели: I – в районе западной части системы реки Тьоурсау; II – в районе месторождения газа; III – в районе к востоку от центральной части реки Тьоурсау.

Работа выполнена в рамках тем НИР № АААА-А19-119013190038-2, № 10.331-17.

Литература

1. Цвиркун А.Д. Управление развитием крупномасштабных систем в новых условиях // Проблемы управления. 2003, №1. – С.34-43.

2. Husen S., Kissling E., Clinton J. Local and Regional Minimum 1D Models for Earthquake Location and Data Quality Assessment in Complex Tectonic Regions: Application to Switzerland // Swiss Journal of Geosciences. Vol. 104. 2011, №3. – P.455-469. Doi:10.1007/s00015-011-0071-3.

3. Changwei L., Kewen L., Youguang C., Jinlong C. Geothermal Gradient in the Oilfields in China // Proceedings. 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California. February 22-24, 2016. SGP-TR-209. – 9 pp.

4. Smaglichenko T., Bjarnason I., Smaglichenko A., Jacoby W. R. Method to find the minimum 1D linear gradient model for seismic tomography // Fundamenta Informaticae. 2016, №146. – P.211-217.

5. Smaglichenko T.A., Smaglichenko A.V., Zelinka I., Chigarev B. Seismic attractor can assist in finding of geothermal area? // International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems. Vol. 33. 2018, №5. – P.503-512.

6. Соколова Н.В. Изучение условий формирования месторождений углеводородов с учетом пространственной самоорганизации потоков земного вещества разного ранга [Электронный ресурс] // Актуальные проблемы нефти и газа: Науч. сет. изд. Вып. 4. 2018, №23. – 8 с. Режим доступа: http://oilgasjournal.ru/issue_23/sokolova-conference.html свободный. Загл. с экрана. Doi: 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art47

7. Geptner A.R., Kristmannsdottir H., Kristjansson J., Marteinsson V. Biogenic saponite from an active submarine hot spring, Iceland // Clay and Clay Minerals. Vol. 50. 2002, № 2. – P.174-185.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Трусов В.А.

Пермский ЦНТИ – филиал ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России, г. Пермь, ул. Попова д. 9

tva@permcnti.ru

Аннотация: В работе рассматривается подход к проведению анализа и синтеза процессов организационного, информационного обеспечения и информационно-аналитической поддержки научно-технологического развития топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: организационное обеспечение, информационное обеспечение, информационно-аналитическая поддержка, топливно-энергетический комплекс, анализ и синтез.

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) на текущем периоде развития отечественной экономики является стратегической отраслью и технологическая безопасность, её функционирования, становится актуальной задачей. К сожалению, российский ТЭК имеет очень сильную импортозависимость от западных технологий, по данным Минпромторга России по ряду направлений доля импорта доходит до 100% [1]. В тоже время ТЭК является одним из самых крупных потребителей различных объектов техники и технологий, и при грамотном (системном)

управлении потенциально может взять на себя роль «флагмана» в российских технологических преобразованиях, вывести на новый уровень отечественную научно-технологическую и промышленную инфраструктуру.

Научно-технологическое развитие (НТР) ТЭК является по своей сути процессом, относящимся к классу сложных кибернетических систем, включающий в себя многоуровневую структуру управления, объединяющую огромное количество заинтересованных субъектов, пронизываемых информационными потоками внешней и внутренней среды, процессами организационного (ОО), информационного обеспечения (ИО) и информационно-аналитической поддержки (ИАП). Главной отраслевой особенностью НТР ТЭК, в отличие от смежных отраслей промышленности является то, что НТР ТЭК на первом этапе развития представляет собой реализацию политики импортозамещение в ТЭК [2], нацеленную на решение текущих, оперативных потребностей ТЭК в отечественной импортозамещающей продукции и выравниванию технологических неопределенностей, а также снижению зависимости ТЭК от зарубежных технологий. На последующих этапах реализации НТР ТЭК решает вопросы по завоеванию технологических и промышленных преимуществ, введению в хозяйственный оборот высокотехнологичных объектов техники и технологий в смежных отраслях экономики и выхода на зарубежные рынки сбыта.

Основным нюансом любых сложных систем являются процессы ОО и ИО, и взаимодействия заинтересованных субъектов. Кроме того, важную роль играет ИАП [3], позволяющая принимать управленческие решения на основе дополнительной (внешней) информации. В рамках реализации НТР ТЭК, как совокупности взаимодействия и взаимосвязи субъектов и объектов, можно выделить следующие направления проведения комплексного анализа и синтеза: процессы определения и выявления изменчивости технологий в рамках жизненного цикла (ЖЦ) их развития и взаимосвязи появления объектов техники (продуктов) на базе этих технологий; процессы ОО и ИО, и взаимодействия субъектов НТР ТЭК; процессы ИАП принятия управленческих решений в рамках НТР ТЭК.

ЖЦ технологий в технических (технологических) системах протекает по так называемой *S*–образной кривой [4], и понимание и определение точного расположения на этой кривой технологий позволит более точно сформировать комплекс мероприятий продвижение технологии по ЖЦ. Немаловажным аспектом остается определение новизны и доступности технологий относительно ее применения в рамках НТР ТЭК, на это оказывают влияние множество факторов: технических, экономических, социальных, психологических, политических, законодательных, и пр. На формирование критериев и показателей для отбора и оценки технологий оказывают существенное влияние процессы изменчивости технологий [5]. Это одна из важнейших характеристик стратегического развития НТР ТЭК в рамках ЖЦ развития технологий. Для этого необходимо понимать уровни и виды изменчивости технологий на всех фазах ЖЦ (см. рис. 1).

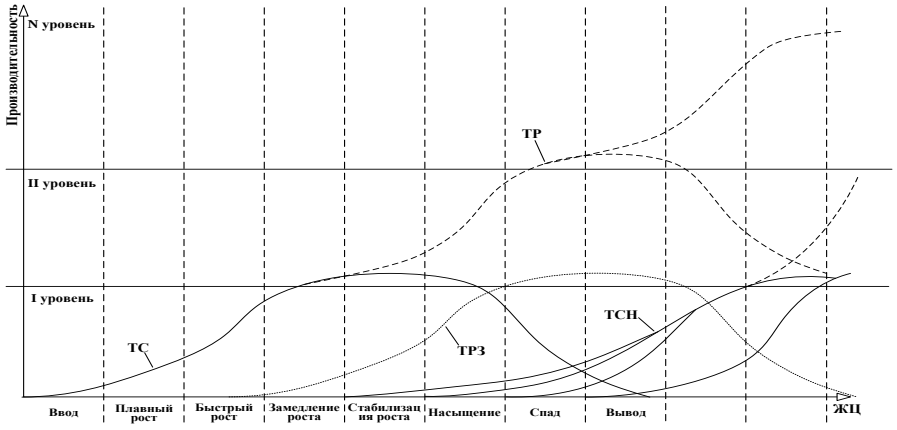


Рис. 1. Модель изменчивости технологий в рамках жизненного цикла ее развития

К основным видам изменчивости технологий относят: технологии стабилизации (ТС), технологии развития (ТР), технологии разрушения (ТРЗ) и технологии синергизма (ТСН). ТС представляют собой классическое развитие технологий, когда идет планомерный рост использование технологии, и также за счет насыщения рынка и/или за счет появления новых технологий происходит вывод технологии. ТР, это технологии, которые в процессе своей эволюции, за счет новых методов, подходов выходят на новые уровни развития и применения. ТР являются самыми оптимальными для

использования их в ТЭК, т.к. развитие их осуществляется планомерно на основе уже существующих технологий, и не нарушает технологическую ориентацию отрасли. ТРЗ, самые опасные для отрасли технологии, которые могут появиться в самый не подготовленный момент. Особо остро данная проблема стоит на периодах роста применения уже сложившихся в отрасли технологий (ТС, ТР, ТСН), нарушая технологическую ориентацию, в тот момент, когда отрасль еще не готова к этому, т.к. еще не сложились технологические предпосылки для этого перехода. ТСН появляются на стыки нескольких ТС, ТР и/или их комбинации в процессе развития, играют важную роль для отрасли, т.к. и как ТР не нарушают технологической ориентации, являюсь её продолжением.

В процессе ОО и ИО взаимодействия субъектов НТР ТЭК (см. рис. 2) участвуют следующие группы: потребители объектов техники и технологий (1); разработчики объектов техники и технологий (2); производители объектов техники и технологий (3); система образования и повышения квалификации кадров (4); финансовые институты (5); субъекты бизнес-инкубирования (6); субъекты, осуществляющие информационное обеспечение (7); субъекты управления процессами (8).

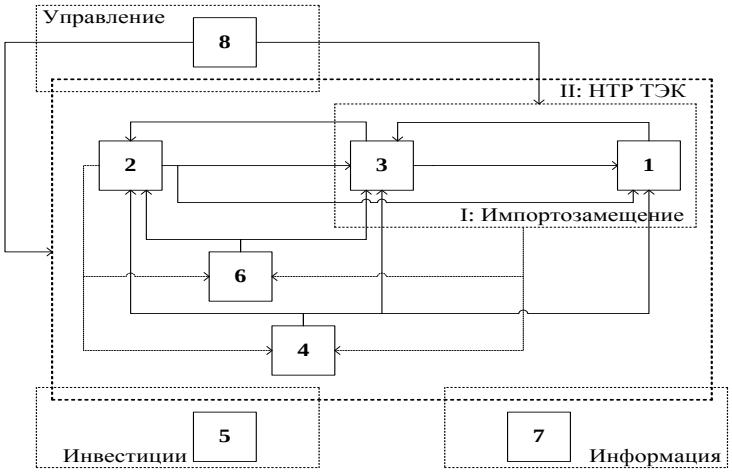


Рис. 2. Модель исследования процессов организационного и организационно-информационного взаимодействия (обеспечения) субъектов НТР ТЭК

Каждый из перечисленных выше субъектов осуществляет свою управленческую и производственную деятельность, решает свои цели и задачи в рамках своих сфер интересов. Но для решения задач НТР ТЭК необходимы взаимоувязанные действия всех субъектов, для чего необходимо определить основные взаимосвязи и взаимодействия между субъектами НТР ТЭК, на предмет исследования единой структуры процессов ОО и ИО НТР ТЭК, по следующим направлениям: анализ проблем, задач и факторов государственного управления и перспектив НТР и СЭР России оказывающих влияние на НТР ТЭК; анализ проблем, задач и факторов государственного управления и перспектив развития процессов импортозамещение в ТЭК, как части НТР ТЭК; анализ задач, существующих систем и подходов ОО, ИО и ИАП процессов НТР ТЭК.

В процессе ИАП принятия управленческих решений в рамках НТР ТЭК (см. рис. 3) формируется информационное пространство, состоящие из двух сред: внутренней среды (информационные ресурсы и информационные потоки, генерируемые в процессе деятельности субъектов НТР ТЭК) и внешней среды (зарубежные и отечественные информационные ресурсы). Ключевой целью ИАП НТР ТЭК является формирование и выявление информационной потребности, формирование информационных и аналитических процедур, и организационных структур, позволяющих реализовать данную потребность за счет внешней (дополнительной) информации.

Для системного понимания сущности ИАП НТР ТЭК необходимо провести следующие направления исследований: анализ видов, структур и источников информационных ресурсов, подходов к поиску, систематизации и обработки информации, методов информационного обслуживания; анализ существующей инфраструктуры (системы, центры и т.п.) ИАП НТР ТЭК; анализ информационных потоков, генерируемых в процессе деятельности субъектов НТР ТЭК; анализ задач, проблем, факторов и принципов управления ИАП НТР ТЭК; анализ подходов, принципов выявления информационной потребности.

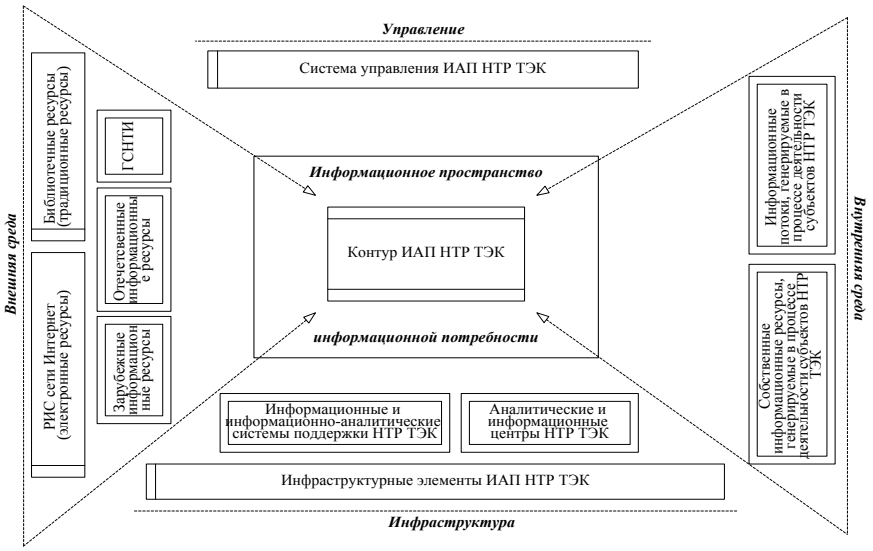


Рис. 3. Модель исследования процессов информационно-аналитической поддержке НТР ТЭК

Использование описанного подхода и моделей проведения исследований процессов ОО, ИО и ИАП позволяет осуществлять детализацию рассматриваемых задач, декомпозировать эти задачи на ряд более простых задач, выявлять на этой основе проблемы, которые и должны лечь в основу определения новых принципов разработки и организации функционирования информационных систем и процессов НТР ТЭК.

Литература

1. Отраслевые планы импортозамещения Минпромторга России [Электронный ресурс]. - URL: https://gisp.gov.ru/plan-import-change/ (Дата обращения 05.06.2019).

2. Трусов В.А. Организационно-информационная поддержка единого системного подхода реализации политики импортозамещения в топливно-энергетическом комплексе // Информационные ресурсы России. - 2018. - № 2. - С. 8-12.

3. Трусов А.В., Трусов В.А. Система информационно-аналитической поддержки научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса//Информационные ресурсы России. - 2017.-№ 3.- С.2-5.

4. Шнейдер А., Кацман Я., Топчишвили Г. Наука побеждать в инвестициях, менеджменте и маркетинге – М: АСТ, 2002. – 260с.

5. Ансофф И. Стратегическое управление – М: Экономика, 1989. – 303с.

ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ И ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБЪЕКТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Трусов А.В.

Пермский ЦНТИ – филиал ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России, г. Пермь, ул. Попова д. 9

tav@permcnti.ru

Аннотация: В работе рассматриваются процессы и системы информационного обеспечения, информационно-аналитической поддержки и информационного взаимодействия субъектов научно-технической деятельности, предложена модель информационной поддержки субъектов научно-технической деятельности.

Ключевые слова: информационное обеспечение, информационно-аналитическая поддержка, информационное взаимодействие, результаты научно-технической деятельности, промышленная политика, инновационная политика.

Существенным фактором практической инновационной и промышленной политики (управления) становится фактор информационный (информационно - идеологический, информационно - психологический, информационно-технологический и собственно информационный*).* Этому способствует не только и не столько сам процесс роста национального информационного

пространства, сколько резкий качественный рост потребности субъектов информационного пространства (от отдельного индивида до промышленных предприятий, научных организаций, политических и властных структур государственной власти) в необходимости ориентации (овладения “экспертным знанием”) в динамичной и все более усложняющейся жизни.

В рамках реализации стратегии инновационного развития Российской Федерации, государственной инновационной политики в области использования информационных технологий, а также закона о науке и государственной научно-технической политике и закона о промышленной политике, целесообразно сформировать контур обработки информации и принятия решений, на основе сбора сведений и аналитической обработки информации о лучших отечественных и зарубежных технологиях и оборудовании, мировых тенденций и бенчмаркинга, аккумулирования и межотраслевой передачи базовых и других технологий и научно-технических разработок, включая технологии двойного назначения. Необходима целенаправленная работа по наполнению общенациональной стратегии научно-технического и промышленного развития, усиления национальной безопасности, устойчивого развития, социально-экономических, политических и научно-технических программ реальными механизмами (принципиально иными инструментами, институтами как федерального, так и регионального уровня), способными за счет информационной интеграции, информационного взаимодействия и эффективной деятельности в социоинформационном пространстве обеспечить решение текущих и вновь возникающих научно-технологических проблем, их функционирования и развития.

Это обуславливает необходимость создания, а правильнее сказать реанимации государственной информационной системы поддержки субъектов научно-технической деятельности оперативной, достоверной и своевременной информацией, необходимой для принятия управленческого решения. В рамках системы (см. рис. 1) целесообразно обеспечить формирование и организацию функционирования информационных системы и процессов поддержки научно-технического развития, информационного взаимодействия и информационной интеграции, хранения и обработки информации о состоянии и развитии субъектов научно-технической деятельности [1], а также информационной поддержки научно-технических процессов информационными ресурсами (ИР) распределенных информационных систем (РИС) глобальной вычислительной сети интернет (ГВС), государственной системы научно-технической информации (ГСНТИ), информационно-библиотечных ресурсов (БИР), статистической и конъюнктурной информации [2]. Эта необходимость диктуется самой жизнью, в первую очередь это связано с тем, что ИР и информационные потоки возросли многократно и оперативное владение информационной ситуацией, на основе достоверной информации, является одним из условий обеспечения нормального процесса управления научно-технической (технологической) деятельностью.

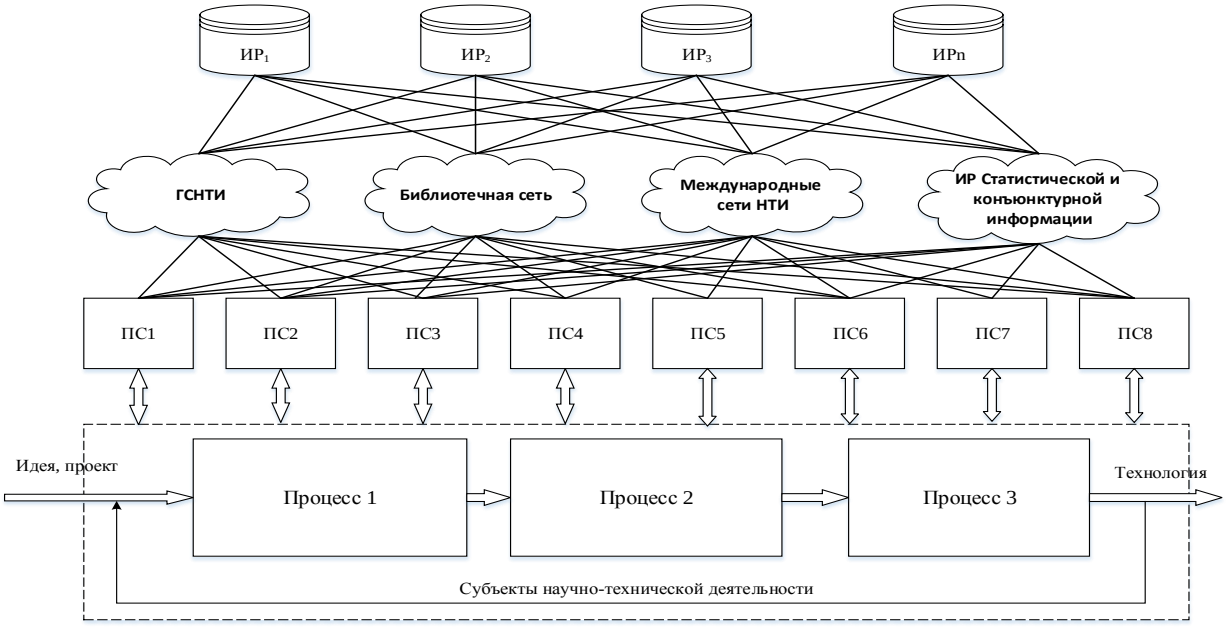


Рис. 1. Модель информационной системы поддержки субъектов научно-технической деятельности

Структурная сложность предлагаемой системы характеризуется большим числом входящих в нее компонент (субъектов), таких как: центр компетенции промышленной и инновационной политикой, центр внедрения РИД, профильные центры отраслевой компетенции, временные творческие коллективы (команды), изобретатели, центры коллективного пользования, информационно-инновационные центры, наукоемкие промышленные предприятия, малые инновационные предприятия, инжиниринговые и внедренческие компании, вузы и научные организации, учреждение регионального сегмента ГСНТИ (центры научно-технической информации), органы государственной власти, региональная и муниципальные библиотечные сети, имеющие собственную организационно-информационную структуру.

Сложная система предполагает многоуровневую организацию и как следствие многоуровневую систему информационного взаимодействия и информационной поддержки субъектов научно-технической деятельности. Система обеспечивает формирование условий для информационно-коммуникационной поддержки выполнения фундаментальных и прикладных научно-исследовательских (НИР), опытно-конструкторских (ОКР) работ и инновационных проектов, проведения маркетинговых и конъюнктурных исследований, патентование и обеспечивает продвижение результатов научно-технической деятельности (продукции) (РНТД) на внешние рынки.

Предлагаемая система включает в свой состав три основных процесса сбора, накопления и анализа информации: Процесс 1 «Результаты научно-технической деятельности»; Процесс 2 «Правовые и экономические аспекты РНТД»; Процесс 3 «Перспективы коммерциализации РНТД». Процессы осуществляют взаимодействие с восьмью подсистем: Подсистема 1 (ПС1) - информационная поддержка и информационная интеграция субъектов инновационного развития и коммерциализации результатов научно-технической деятельности; Подсистема 2 (ПС2) - сбор и аналитическая обработка оперативной информации по промышленному и инновационному развитию, по проводимым НИР и ОКР, по приоритетным направлениям социально-экономического развития регионов, по интеллектуальному потенциалу, включая сбор информации о идеях, формирование прогнозов научно-технического и промышленного развития; Подсистема 3 (ПС3) - информационная поддержка процессов энергосбережения и повышения энергетической эффективности (инновационная энергетика, альтернативные и возобновляемые источники энергии, формирование энергетической политики, реализация государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности); Подсистема 4 (ПС4) - информационная поддержка и информационное взаимодействие субъектов реализации промышленной политики (мониторинг промышленного пространства (регионального и муниципального), формирование механизмов по реализации и выработке практических решений по осуществлению эффективных действий, способствующих в конечном итоге обеспечению экономического роста (прибавочной стоимости)); Подсистема 5 (ПС5) - информационная поддержка процессов коммерциализации результатов инновационной деятельности (коммерциализация и введение в хозяйственный оборот результатов интеллектуальной деятельности, формирование инновационной политики, оценка перспектив коммерциализации результатов инновационной деятельности); Подсистема 6 (ПС6) - информационное обеспечение создаваемых результатов инновационной деятельности, прогнозы технологической уязвимости научно-технических разработок, анализ тенденций мирового научно-технического развития, определение направлений защиты результатов инновационной деятельности созданных в рамках НИР и ОКР; Подсистема 7 (ПС7) - информационное обеспечение закрытых (государственных, оборонных и коммерческих) проектов через государственную систему научно-технической информации, комплексное информационно-аналитическое обеспечение приоритетных стратегических точек роста, обеспечение информационно-аналитического сопровождения, в рамках государственного оборонного заказа, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ); Подсистема 8 (ПС8) - межотраслевая информационная поддержка субъектов научно-технической деятельности, включая продвижение научно-технической информации на предприятия и научные организации, формирование, ведение и организация использования государственных, ведомственных и региональных информационных фондов, баз и банков данных, обеспечивают доступ к государственным ресурсам научно-технической информации, Подсистемы взаимодействуют с национальными и международными ИР научно-технической, статистической, конъюнктурной, экономической, правовой и другой информации.

В заключение хотелось бы отметить, что предлагаемая система должна стать информационной основой (ядром) системы научно-технического и промышленного развития России и позволит осуществлять:

- разработку сценариев и прогнозов безопасного развития промышленного и научного комплекса Российской Федерации и регионов России в рамках межгосударственных, региональных, национальных и отраслевых товарных рынков;
- анализ и моделирование бизнес-процессов в условиях реструктуризации и диверсификации предприятий, с учетом мировых тенденций научно-технического развития;
- информационную поддержку конкурентоспособного развития промышленных технологий и инвестиционных проектов с учетом коммерческих рисков, экономических, экологических и социальных аспектов развития предприятий;
- информационную интеграцию процесса управления научно-техническими (технологическими) проектами на всем жизненном цикле производственных технологий;
- совместимость баз данных технико-экономических показателей и параметров эффективности производственных технологий, переход на использование рекомендованных, стандартных и аттестованных технологических данных;
- выработку решений по реализации импортозамещающих и энергосберегающих технологий в условиях реального состава оборудования и устаревающих основных средств промышленных предприятий и научных организаций;
- анализ и прогноз научно-технических, технологических и общеэкономических процессов на международном, национальном, региональном и отраслевом уровнях;
- выявлять диспропорции в экономике, причины их появления и принимать меры по их устранению и предотвращению;
- вносить аргументированные предложения по решению острых социально-экономических проблем в промышленном и научном секторе экономики, обеспечить реализацию научно обоснованной промышленной и инновационной политики.

Литература

1. Трусов А.В. Формирование системы информационно-аналитического обеспечения научно-технического развития // Информационные ресурсы России. - 2015. - № 3. - С. 10-16.

2. Трусов А.В. Интеграция информационно-библиотечных ресурсов для системы информационно-аналитической поддержки развития региона // Культура: теория и практика. - 2018. - № 3 (24). - С. 5.

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ СКЛАДОВ

Хоботов Е.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, Москва, Профсоюзная ул., 65,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5
e_khobotov@mail.ru

Аверьянова Е.Е.

ООО «Фирма Резерв-Инвест», Россия, Москва, Малый Златоустинский пер., дом 6, стр.1
ail19@yandex.ru

Аннотация: Рассматриваются задачи управления многономенклатурными запасами в иерархической системе складов в условиях известного и случайного спроса. Для их решения предлагаются модели и методы, использующие кусочно-линейную аппроксимацию функций расхода запасов для всех складов, находящихся на различных уровнях такой системы складов.

Ключевые слов: управление запасами, иерархическая система складов, случайный спрос, модели, методы, хранение, многономенклатурные запасы.

Введение

Задачи управления многономенклатурными запасами вызывают повышенный интерес, который вызван наличием значительного числа организаций, осуществляющих прием, хранение и реализацию больших объемов запасов, что приводит к большим затратам на их содержание. Эти затраты могут быть существенно сокращены за счет правильного выбора объемов и времени пополнения запасов.

Для управления многономенклатурными запасами в [1-2] были предложены методы, позволяющие определять объемы и времена пополнения таких запасов в условиях постоянного спроса на реализуемую продукцию.

Значительные проблемы и затруднения возникают при разработке методов управления многономенклатурными запасами в условиях случайного изменения спроса на хранящуюся на складе продукцию. Для управления запасами в условиях неопределенности и случайного спроса на реализуемую складом продукцию в [3-4] было предложено для построения методов управления запасами использовать линейную и кусочно-линейную аппроксимации функций расхода. Это позволяет строить линеаризованные модели управления запасами, для которых удалось получить оценки затрат на хранение и пополнение запасов, а также оценки, позволяющие определять моменты, когда следует пересчитывать времена между пополнениями запасов.

Кроме того, в последние годы повысился интерес к задачам управления многономенклатурными запасами в системе складов, когда производители и поставщики доставляют продукцию большими партиями на склады «верхнего» уровня, позволяющие хранить большие объемы продукции, которая потом распределяется по складам более «низких» уровней.

Иерархические системы складов используются при снабжении регионов продукцией, лекарствами, запасными частями, особенно автомобильными и т.д. В подобных системах складов, как правило, хранятся большие запасы продукции, и осуществляется ее значительный оборот. Поэтому есть основания полагать, что создание моделей и методов для управления созданием и хранением запасов в иерархических системах складов позволит значительно сократить затраты на содержание запасов и работу складов.

В предлагаемом докладе рассматриваются задачи управления запасами и работой иерархических систем складов в условиях постоянного и случайного спроса и предлагаются методы их решения.

1 Постановка задачи

Рассмотрим постановку одной из задач управления многономенклатурными запасами, которая возникает в работе иерархической системы складов.

Пусть задана иерархическая система складов, которую удобно представить в виде ацикличного графа. В вершине такого графа находится склад первого уровня, который снабжается напрямую производителями продукции. На этом складе хранятся все виды продукции, которые реализуются в системе складов, и все остальные склады системы получают продукцию, доставленную сначала на данный склад. На втором уровне системы складов имеется M_2 складов. На последнем N-м уровне находится M_N складов.

Каждый склад следующего уровня снабжается только с одного склада предыдущего уровня. Назначение снабжающего склада может производиться как по стоимости доставки продукции между складами, так и по составу поставляемой продукции.

В дальнейшем удобно рассматривать иерархическую систему складов, состоящую из трех уровней: склада первого уровня, промежуточных складов и складов последнего 3-го уровня. Такое предположение не является принципиальным, но существенно упрощает изложение задачи и методов ее решения.

Со складов 3-го уровня осуществляется основной объем снабжения потребителей необходимой продукцией, хотя реализация продукции потребителям производится со складов всех уровней.

Для каждого склада i ($i=1,...,M_k$) из k-го уровня системы задана стоимость хранения C_{ij}^k единицы продукции j-го типа ($j \in I_{ik}$) в единицу времени, где I_{ik} – множество типов продукции, которая хранится на i-м складе k-го уровня. Заданы также стоимости доставки продукции $\tilde{C}_{si}^k$ на i-й склад k-го уровня, которые не зависят от величины пополнения. В задачах управления запасами [5] такое предположение достаточно часто используется.

Для любого склада i ($i=1,...,M_k$) из k-го уровня системы ($k=1,2,3$) известна величина спроса $r_{ij}^k(t)$ на хранящуюся на нем продукцию j-го типа ($j \in I_{ik}$) в единицу времени или прогноз этой величины $\tilde{r}_{ij}^k(t)$ в течение планируемого интервала времени T.

В задаче требуется для каждого склада i ($i=1,...,M_k; k=1,2,3$) определить интервалы времени t_{si}^k между смежными пополнениями запасов, величину q_{sil}^k каждого пополнения l любого склада i

$i = 1,...,M_k$, а также общие затраты D_T системы складов на создание и хранение запасов в течение планируемого интервала времени T.

2 Идеи и принципы создания методов управления запасами

Для построения методов управления запасами в такой иерархической системе складов, как и в работах [4] предлагается использовать кусочно-линейную аппроксимацию функций расхода запасов на каждом складе. Такая аппроксимация позволяет строить линеаризованные модели управления запасами, с помощью которых можно определять интервалы времени между пополнениями запасов, а также времена, когда эти времена следует пересчитывать.

Сначала определяются времена между смежными пополнениями запасов для каждого склада нижнего уровня. Для этого необходимо определить средний спрос на каждый вид продукции, хранящейся на соответствующем складе в течение планируемого времени *T*. После этого определяются интервалы времени между смежными пополнениями склада и величиной пополнения по каждому типу хранящейся на складе продукции.

Здесь следует отметить, что склады каждого уровня, кроме первого, объединены в группы. Все склады каждой из этих групп пополняются продукцией из одного склада предыдущего уровня. Пополнение складов должно быть организовано таким образом, чтобы склад, из которого пополняются склады следующего уровня, мог обеспечивать их своевременное пополнение.

Если склад может обеспечить одновременную погрузку и отправку пополнения для всех складов, которые этот склад снабжает продукцией, то интервалы времени t^*_{sik} между смежными пополнениями запасов i-го склада ($i = 1,...,M_k$) k-го уровня системы складов снабжаемых таким складом вычисляется с помощью соотношения, полученного в соответствии с [4]:

$$t^*_{sik} = \sqrt{\frac{2\tilde{C}_{sik}}{\sum_{j=1}^{n_i} C_{ijk}\overline{r}_{ijk}}},$$

где $\tilde{C}_{sik}$ – стоимость доставки пополнения запасов для i-го склада ($i = 1,...,M_k$) k-го уровня системы складов, n_i – количество типов продукции, которая поступает и храниться на i-го склада ($i = 1,...,M_k$) k-го уровня системы складов, C_{ijk} – стоимость хранения единицы продукции j-го типа ($j \in I_{ik}$) в единицу времени на i-м складе k-го уровня, $\overline{r}_{ijk}$ – средний спрос на продукцию j-го типа ($j \in I_{ik}$) в единицу времени на i-м складе k-го уровня в течение интервала планирования T.

В том случае, когда снабжающий склад не может обеспечивать одновременную погрузку и отправку пополнения для всех снабжаемых им складов, то интервалы времени между смежными пополнениями запасов всех складов снабжаемых таким складом следует делать равными. В этом случае удаётся добиться того, что не возникнет ситуация, когда два и более складов потребуется одновременно пополнить из снабжающего склада. При таком условии затраты D_{lk-1} на пополнение и хранение запасов на i-х складах k-го уровня, которые снабжаются со склада l $(k-1)$-го уровня, будут выражаться с помощью следующего соотношения:

$$D_{lk-1} = \sum_{i \in J_{lk-1}} \left(\sum_{j \in I_{ik}} \frac{C_{ijk}\overline{r}_{ijk}t^2_{slk}}{2} + \tilde{C}_{sik} \right) \tilde{n}_{lk-1},$$

где J_{lk-1} – множество складов k-го уровня, которые снабжаются со склада l $(k-1)$-го уровня, t_{slk} – время между смежными пополнениями складов k-го уровня, которые снабжаются со склада l $(k-1)$-го уровня, $\tilde{n}_{lk-1}$ – количество пополнений складов k-го уровня, которые снабжаются со склада l $(k-1)$-го уровня, в течение интервала планирования T.

Из условия минимума функции затрат D_{lk-1} вычисляются интервалы времени t^*_{slk} между смежными пополнениями запасов всех складов, которые снабжаются со склада l $(k-1)$-го уровня. Величина этого интервала времени t^*_{slk} определяется с помощью следующего соотношения:

$$t_{sik}^{*} = \sqrt{\frac{2\sum_{i \in J_{lk-1}} \tilde{C}_{sik}}{\sum_{i \in J_{lk-1}} \sum_{j=1}^{n_i} C_{ijk} \bar{r}_{ijk}}}.$$

Литература

1.Калинин Н.М., Хоботов Е.Н. Модели управления многопродуктовыми запасами при постоянном спросе. Журнал «Автоматика и телемеханика». – 2008. - № 9, 156-169 стр.

2.Калинин Н.М., Хоботов Е.Н. Об одном подходе к управлению многопродуктовыми запасами. Журнал «Программные продукты и системы». – 2008. № 4. 120-123 стр.

3.Хоботов Е.Н. Методы решения задач управления многопродуктовыми запасами при случайном спросе // Изв. РАН ТиСУ. 2011. № 2. 91-102 стр.

4.Хоботов Е.Н. Использование кусочно-линейной аппроксимации функций расхода для построения методов управления запасами // Проблемы управления. 2011. № 6. 38-46 стр.

5.Хедли Д., Уайтин Т. Анализ систем управления запасами. М.: Наука. 1969.

КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЯДРА НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА

Хохлов А.С.

РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина (Москва),

box1563@gmail.com,

Мишутин Д.Ю. , Бородин П.Е.

АО «Хоневелл» (Москва)

Dmitry.Mishutin@honeywell.com, Pavel.Borodin@honeywell.com

Аннотация: В докладе рассматривается подход к построению комплекса взаимосвязанных оптимизационных моделей производственного ядра нефтехимического кластера, Предлагается применить апробированный инструментарий для решения класса задач APS (Advanced Planning & Scheduling) по планированию вертикально интегрированной нефтяной компании (ВИНК) к решению ключевых задач развития подобных кластеров. В качестве примера реализации рассмотрено оптимизационное моделирование Нижнекамского нефтехимического кластера (ННХК).

Ключевые слова: развитие, оптимизационные инструменты, моделирование, нефтехимические кластеры, комплекс интегрированного планирования, линейное программирование, эффективность.

В текущем десятилетии идет интенсивное преобразование ранее возникших промышленных агломераций в отраслевые кластеры во многом благодаря поддержке правительственных госструктур. Процесс преобразований принял целенаправленных характер, и сопровождается созданием методологической базы, выходом постановлений по стимулированию кластеров на решение широкого круга задач, и в частности, импортозамещения. Согласно работам М. Портера [1] и его последователей за рубежом и у нас отраслевой кластер[2,3] имеет структуру и взаимосвязи обобщенно в виде рис.1., где ядро кластера, образуют производства основных промышленные предприятия.

Выделено шесть основных признаков промышленных кластеров[4], таких как «группа/ инфраструктура/связи/территория/спецуправление/проекты», что и отражено:

- в определение — «совокупность объектов деятельности в сфере промышленности, связанных отношениями в указанной сфере вследствие близости территорий и функциональной зависимости и размещенных на территории одного субъекта РФ или нескольких», и
- в постановлениях от 31.07.2015 №779 Правительства РФ «О промышленных кластерах и специализированных организациях промышленных кластеров», и
- в постановлениях от 28.01.2016 №41 Правительства РФ «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий участникам промышленных кластеров на возмещение части затрат при реализации совместных проектов по производству промышленной продукции кластера в целях импортозамещения»



Рис. 1 Обобщенная структура промышленного кластера и взаимосвязи акторов

Согласно признакам в химической отрасли выделено семь промышленных кластеров в следующих регионах: Республика Башкортостан, Омская область, Иркутская область, Томская область, Республика Татарстан, Тульская область, Ханто-Мансийский автономный округ.

Проекты по кластерам могут рассчитывать на существенную поддержку структур правительства — Минэкономразвитие/Минпромторг России через некоммерческие структуры в виде «Ассоциации развития кластеров и технопарков России» (АКИТ РФ) и специализированные организации внутри кластеров. Как, например, ИННОКАМ — «Камский инновационный территориально-производственный кластер» и «Нижнекамский нефтехимический кластера (ННХК) [5], где производственную структуру последнего условно можно разделить на три блока:

- ОАО «ТАИФ-НК», АО «Танеко» — производства непрерывные — НПЗ;
- ПАО «Нижнекамскнефтехим» с рядом химических и нефтехимических заводов — совокупность в основном непрерывных производств — НХК и 10 малых и средних производителей промышленной продукции.
- ПАО «Нижнекамскшина» — массовое дискретное производство(далее НКШ).
- АКИТ РФ при выборе на реализацию стратегических и инновационных проектов развития предприятий кластера, руководствуются оценками эффекта от агломерации и возникновения экстерналии, в терминах улучшения макропоказателей развития региона локализации, а именно[3,4]:
- динамика инвестиций/реинвестиций; валовой выпуск продукции/услуг в экономике региона локализации; прирост валового регионального продукта/налоговых поступлений/ среднедушевых доходов населения;
- количество вновь создаваемых рабочих мест на основе современных технологий;
- повышение общественной производительности труда в экономике региона в целом.

Обзор публикаций последних лет показал, что практически отсутствуют работы по комплексному моделированию кластеров с требуемым уровнем агрегирования их производственного ядра. Это существенно снижает значимость оценок макропоказателей, и соответственно качество отбора проектов, т.к. оценки развития, как правило, можно получить с использованием линейных зависимостей от значений основных показателей производства[6].

Предлагаемый оптимизационный комплекс для моделирования нефтехимических кластеров прошел длительную апробацию в ВИНК[7,8] и включает три оптимизационных инструмента: RPMS, F_PRESS, SOFTYRE, и совершенствуется российской командой непосредственно в ходе его эксплуатации, что позволит проводить необходимую модификацию комплекса с появлением новых требований к производственным моделям кластера и расчету оценок макропоказателей.

На предприятиях ОАО «ТАИФ-НК», АО «Танеко» задачи планирования реализованы с использованием системы RPMS (Refinery and Petrochemical Modeling System), разработки корпорации Honeywell, (https://www.honeywellprocess.com), на ПАО «Нижнекамскнефтехим» с рядом химических и нефтехимических заводов система RPMS по факту имеется, но применяют и более простые модели в среде Microsoft Excel.

Управляющая компания ПАО «Нижнекамскшина» использует SOFTYRE-автоматизированный комплекс планирования шинного объединения. Опыт длительной эксплуатации комплекса SOFTYRE показал свою высокую эффективность, т.к. позволяет получать целый ряд преимуществ за счет автоматизации построения модели планирования в виде задачи линейного программирования(ЛП), и интеграции комплекса в организационную и ИТ- среду объединения.

Указанные три оптимизационных инструмента, интегрированные в комплекс позволяют моделировать ядро ННХК и его обобщенную структуру, как на рис.1., по следующей схеме:

- Сбор, анализ, контроль данных для актуализации моделей комплекса;
- Актуализация моделей комплекса, проведение серии расчетов для отдельных трех RPMS-моделей, SOFTYRE-модели и интерпретация результатов, что позволит оценить данные п.1, и скорректировать их при необходимости после согласования;
- Наличие трех RPMS-моделей предприятий ОАО «ТАИФ-НК», АО «Танеко», ПАО «Нижнекамскнефтехим» и агрегированное представление балансов производства в виде векторов вход-выход ряда химических и нефтехимических заводов и малых/средних производителей промышленной продукции позволит сгенерировать F_PRESS - модель с общей системой ограничений и выбранным критерием оптимизации задачи ЛП.
- Моделирование средствами F_PRESS различных сценарных условий на шаге 3 позволит получить семейство решений, например, с экономической оценкой их эффективности в терминах целевой функции и теневых цен по активным ограничениям задачи ЛП;
- Ряд выделенных решений с шага 3 можно использовать как входные данные системы SOFTYRE для последующего моделирования производства шинной продукции. Анализ результатов решений на шаге 3 и 4 дадут представление об эффективности принятых сценариев развития, что позволит завершить процесс моделирования ядра ННХК или скорректировать сценарные условия и вернуться к шагу 3 и/или 4.
- Получение оценок макропоказателей развития на основе данных шаг 1 и результатов шаг 3—5 с использованием специализированного модуля. Далее обсуждение и выработка стратегических и инновационных планов развития со специалистами акторов кластера под эгидой специализированной организации ИННОКАМ.

Непосредственно из представленной схемы моделирования с использованием трех оптимизационных инструментов следует, что возможны различные ее модификации, связанные с последовательность моделирования, уровнем агрегирования моделей производств и выбранным критерием оптимизации.

Моделирование нефтехимических кластеров подобным комплексом может проводиться только подготовленной командой пользователей и совместно со специализированной организации, являющейся актором кластера, и которой бы гарантировали доступ к производственной информации и моделям с предприятий входящих в кластер. Например, внешняя консалтинговая команда работает в режиме аутсорсинга и в партнерстве с ИННОКАМ с целью моделировать проектов развития обобщенной структуры рис.1. с производственным ядром ННХК.

Предлагаемый подход к построению оптимизационного комплекса моделирования производственного ядра нефтехимического кластера из указанного набора оптимизационных систем обобщается и на другие кластеры с производствами непрерывного и дискретно-массового характера, где комплекс, после необходимой настройки, может быть использован в режиме аутсорсинга.

Отметим по поводу критерия оптимизации, что для измерения и анализа технико-экономического уровня производства в отраслях народного хозяйства отдается предпочтение относительным показателями [2,3,5], таким как фондоотдача, рентабельность и т.п.

Такой подход реализован в методе анализа среды функционирования (АСФ и в английской литературе — DEA, Data Envelopment Analysis), и используется при анализе сложных систем[9].

Введение в задачу ЛП критерия в виде относительного показателя, переводит ее в класс дробно-линейной оптимизации. Это не является вычислительной проблемой, т.к. есть преобразование, оставляющее 5 ее в классе ЛП. Оптимизационный инструментарий комплекса, соответственно должен быть расширен в части учета подобного преобразования.

Литература

1. Портер М. Конкуренция: Пер. с англ.: Уч. пос. М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. — 608 с.
Марков Л.С. Теоретико-методологические основы кластерного подхода. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2015, — 300с.
2. Агафонов В.А. Стратегический менеджмент. Модели и процедуры : монография /. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 276 с. — (Научная мысль). — www.dx.doi.org/10.12737/25005. — Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/975795
Ассоциации развития кластеров и технопарков России, 2018, —Режим доступа: http://akitrf.ru/
3.Фомин Н.Ю. Моделирование и оценка эффективности кластерной формы организации нефтехимического производства: Автореф. дис. канд. тех. наук, Казань 2017. — Режим доступа: http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=171699
4. Шишорин Ю.Р., Цодиков Ю.М., Мостовой Н.В., Аксенова Т.С. Оптимизационное моделирование при перспективном планировании предприятий нефтепереработки и нефтехимии// Автоматизация в промышленности, Москва, 2018, №12. — с. 42—47.
5. Хохлов А.С., Баулин Е.С., Коннов А.И., Мишутин Д.Ю. Комплекс интегрированного планирования деятельности ВИНК// Автоматизация в промышленности, Москва, 2018, №12. — с. 15—26.
6. Артемьев С.Б., Бородин П Е., Курьянова Е.В. Опыт автоматизации планирования шинного производства//Автоматизация в промышленности. 2015. № 4. С. 41—46.
7. Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Моделирование и анализ деятельности сложных систем. — М.: ЛЕНАНД, 2013. — 256 с.

КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ: ТЕКУЩАЯ ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ[79]

Шевелева Г.И.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова д.130
sheveleva@isem.irk.ru

Аннотация: Выявлены многочисленные несоответствия текущей корпоративной практики российских генерирующих компаний электроэнергетики критериям Банка России по соблюдению принципов Кодекса корпоративного управления. Все несоответствия являлись зоной ответственности Совета директоров. Предложены новые меры по их усилению на стадиях выдвижения, избрания, деятельности и оценки эффективности.

Ключевые слова: корпоративное управление, российские генерирующие компании электроэнергетики, Кодекс корпоративного управления, Совет директоров.

Введение

Одной из ключевых задач реформирования российской электроэнергетики в 2003–2008 гг. при ее переходе к рынку являлось создание условий для привлечения инвестиций. Однако созданные в ходе реформы генерирующие компании получили на строительство новых мощностей гарантированное возмещение стоимости инвестиций в соответствии с нерыночным механизмом договоров на поставку мощности. По его окончании Правительство РФ одобрило очередную масштабную программу модернизации тепловых электростанций, по которой отобранные в нее проекты также получат гарантированную окупаемость за счет повышенных платежей потребителей за мощность [1]. Тем не менее, проблема увеличения инвестиционной привлекательности компаний по-прежнему актуальна. Одним из основных факторов ее повышения является корпоративное управление [2].

Целью проведенного исследования являлось определение в изменившихся условиях приоритетного направления развития корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики.

Методология исследования основана на Рекомендациях Банка России по соблюдению принципов и рекомендаций Кодекса корпоративного управления (Письмо Банка России от 17.02.2016 № ИН-06-52/8) [3]. Проведены оценки корпоративной практики 12 генерирующих компаний электроэнергетики, опубликовавших Приложения «О соблюдении принципов и рекомендаций Кодекса корпоративного управления» в их годовых отчетах за 2017 г. Скорректированы в

[79] *Работа выполнена в рамках проекта государственного задания 17.4.2 (рег. № АААА-А17-117030310438-1) фундаментальных исследований СО РАН.*

изменившихся условиях предложения автора в области совершенствования корпоративного управления [4]. Использованы данные информационных агентств, Российской экономической школы, Российского института директоров [5-6].

Предложено усиление Совета директоров в российских генерирующих компаниях электроэнергетики в качестве приоритетного направления развития их корпоративного управления, отвечающего современным вызовам времени. Оно коррелирует с результатами исследований в этой области Центра социального проектирования «Платформа»; Центра стратегических исследований МГИМО; Ассоциации независимых директоров и НИУ «Высшая школа экономики» [7-9].

1 Текущая практика корпоративного управления

Текущая практика корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики проанализирована методами обобщенной и углубленной оценки. Обобщенная оценка выполнена по 79 принципам второго уровня Кодекса корпоративного управления (далее по тексту – Кодекс) под трёхразрядными номерами (например, «1.1.1.» или «1.2.3.» и т.д.). Статус соответствия этим принципам («соблюдается», «частично соблюдается», «не соблюдается») рассматривался без разделения по критериям оценки соблюдения каждого из них. Такой метод является типичным для большинства компаний, исходя из данных их годовой отчетности о соответствии корпоративного управления принципам Кодекса. Для остальных компаний статус «частично соблюдается» присваивался при несоблюдении ими хотя бы одного из критериев.

Показаны существенные различия в соблюдении компаниями электроэнергетики принципов корпоративного управления второго уровня Кодекса. Лидеры по соответствию им – ПАО «Интер РАО», ПАО «Энел Россия», ПАО «РусГидро». Они соблюдали из 79 рассмотренных принципов 73, 62 и 59, соответственно. Замыкали список компаний ПАО «Квадра» и ПАО «ТГК-2». Они отнесены к явным аутсайдерам, с 33 и 32 принципами их соблюдения. Практически такая же корреляция наблюдалась при сравнительном анализе значений статуса «частично соблюдаются» среди лидеров и аутсайдеров. ПАО «Интер РАО», ПАО «Энел Россия», ПАО «РусГидро» частично соблюдали 4, 13 и 17 принципов, соответственно. ПАО «Квадра» – 27 и ПАО «ТГК-2» – 32 принципа, отставая по их соблюдению в 7-8 раз от ПАО «Интер РАО». Разрыв значений по несоблюдаемым принципам между лидерами и замыкающими компаниями был более внушительным. В частности, число несоблюдаемых принципов у ПАО «Квадра» было в 9,5 раз больше, чем у ПАО «Интер РАО».

Отмечены не менее существенные различия в статусах соответствия принципам по каждой компании. В компаниях–лидерах доли составляющих статуса соответствия («соблюдаются», «частично соблюдаются», «не соблюдаются») среди 79 оцениваемых принципов были следующими: ПАО «Интер РАО» – 92%, 5%, 3%; ПАО «Энел Россия» – 75%, 22%, 3%; ПАО «РусГидро» – 74.7%, 21.5%, 3.8%. В компаниях–аутсайдерах наблюдалось относительное смещение в сторону увеличения «частично соблюдаемых» и «не соблюдаемых» принципов: ПАО «Квадра» – 41.8%, 34.2%, 24.0%; ПАО «ТГК-2» – 40.5%, 40.5%, 19.0%.

С целью получения более объективного представления о практике корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики была проведена углубленная оценка на соответствие всем 128 критериям соблюдения принципов Кодекса. При таком методе оценки отмечено ожидаемое увеличение числа несоблюдаемых компаниями принципов. В большей мере оно наблюдалось у компаний–аутсайдеров. Доля несоблюдаемых из 128 оцениваемых критериев выросла до 27% у ПАО «Квадра», у ПАО «ТГК-2» – до 23%.

Выявлено, какие из оценочных критериев принципов Кодекса не соблюдались подавляющим большинством компаний. Все они находились в зоне ответственности Совета директоров в рамках делегированных им полномочий. Как следствие, усиление Совета директоров определено в качестве приоритетного направления развития корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики.

2 Перспективы развития

Роль Совета директоров как ключевого органа корпоративного управления становится по-настоящему стратегической. Это, главным образом, связано со сменой общей парадигмы корпоративного управления – от системы контроля над менеджментом – к системе стратегического управления и предотвращения рисков. Дополнительным вызовом является развитие информационно-коммуникационных технологий, когда определяющими становятся оперативность и адаптивность. По результатам исследований Центра социального проектирования «Платформа», усиление Совета директоров является ключевым инструментом лидерства компаний в этой сфере [7]. Российский институт директоров считает, что основные риски для инвесторов связаны со слабым

использованием современных управленческих технологий, неадекватной культурой процесса выработки и реализации важнейших решений, а ключевым ресурсом эффективности и устойчивости компании является Совет директоров [8]. Центральная роль Совета директоров в повышении качества корпоративного управления определена исследованием Ассоциации независимых директоров и НИУ «Высшая школа экономики» [9].

Для создания сильного и профессионального Совета директоров в российских генерирующих компаниях электроэнергетики требуется переосмысление и обновление подходов к выдвижению, избранию, текущей деятельности и оценке эффективности его членов.

Выдвижение кандидатов в члены Совета директоров

- Создание каталога определенных профессиональных компетенций для кандидатов, соответствующих поставленным целям и задачам дальнейшего развития компаний, в том числе в связи с новыми требованиями, связанными с информационно-коммуникационными технологиями.
- Учет морально–этических качеств кандидатов, исходя из принципов разумности, добросовестности, справедливости, беспристрастности, не коррумпированности, уважения интересов своей фирмы, ее партнеров, клиентов, общества и не причинения им вреда, не осуществления действий в обход законов с противоправными и иными заведомо недобросовестными целями.
- Увеличение числа независимых среди выдвигаемых в члены Совета директоров, в том числе с целью усиления компетенций в области новых управленческих технологий. Предварительная и скрупулезная проверка таких кандидатов на независимость, главным образом, по причине распространенных «зависимых независимых директоров».
- Проведение акционерами предварительных обсуждений кандидатов в члены Совета директоров и голосования по ним. Отбор поддерживаемых акционерами кандидатов в Совет директоров.

Избрание членов Совета директоров

- Своевременное и полное раскрытие материалов к Общему собранию акционеров (ОСА).
- Предоставление в этих материалах исчерпывающей информации о результатах предварительной оценки кандидатов в члены Совета директоров.
- Предоставление акционерам удалённого доступа для участия в ОСА посредством использования телекоммуникационных средств.
- Повышение активности профессиональных инвесторов в голосовании на ОСА.

Текущая деятельность Совета директоров

- Улучшение работы Комитетов Совета директоров для предварительной подготовки принимаемых решений, позволяющей повысить оперативность их рассмотрения и эффективность.
- Вовлеченность членов Совета директоров в дела компании и усиление коллегиального начала в их деятельности. Более предпочтительной является очная форма заседаний, в том числе предоставлением удалённого доступа посредством использования телекоммуникационных средств.
- Предоставление конфиденциального канала связи для сообщений о нарушениях. Модель такого взаимодействия обычно представлена на официальном сайте компании адресом электронной почты или номером телефона. Она не очень эффективна и не гарантирует заявителю обратную связь и полную конфиденциальность. Более современной версией такой модели является создание для заявителей специализированной электронной формы. Она присваивает каждому из них индивидуальный пин-код, заявление передается внешней независимой аудиторской компании с заранее предусмотренной системой обратной связи.

Оценка эффективности Совета директоров

- Разработка Положения «Об оценке эффективности Совета директоров» во внутренних документах компании. Его содержание должно включать: обоснование необходимости проведения оценки; ее виды; процедуры и используемые инструменты; формат информационного извещения об ее проведении, предназначенного для публичного раскрытия [6].
- Разработка инструментов оценки (содержания анкеты) и анализа полученных данных. Участие внешних консультантов позволит преодолеть субъективные сложности при проведении такой оценки и сделать анализ результатов более объективным.
- Введение переменной составляющей в вознаграждение членов Совета директоров. Она не должна быть выплатами за участие в его заседаниях или Комитетов, считающихся в Кодексе

базовыми обязанностями директора. Эта переменная должна быть связана с финансовыми показателями работы компании (свободный денежный поток, EBITDA и др.) и сближать финансовые интересы членов Совета директоров и акционеров. При ее определении является обязательным учет объективных оснований, полученных по результатам оценки эффективности его членов.

Литература

1. Правительство РФ одобрило программу модернизации ТЭС на 1,9 трлн. руб. URL: http://www.bigpowernews.ru/print/86618.phtml
2. OECD (2016). Принципы корпоративного управления G20/ОЭСР, OECD Publishing, Paris. URL: http://dx.doi.org/10.1787/9789264252035-ru
3. Кодекс корпоративного управления. Нормативные акты и оперативная информация Центрального Банка Российской Федерации // Вестник Банка России. 2014, № 40 (1518). – С.1-63.
4. Sheveleva G.I. Areas for the improvement in corporate governance in the Russian electric power industry / Proceedings of 2017 Tenth International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD). Moscow, Russia, 1-4 Oct., IEEE. Pages 1-5. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109686
5. Гуриев С.М. Мифы экономики. Заблуждения и стереотипы, которые распространяют СМИ и политики / 6-е изд. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 320с.
6. Беликов И.В. Оценка работы Совета директоров и высшего менеджмента компании // Акционерное общество: вопросы корпоративного управления. 2008, № 4. – С.14-21.
7. Корпоративное управление в России: кризис жанра и надежды на будущее / Центр социального проектирования «Платформа» – М.: 2018. URL: http://www.nand.ru/upload/medialibrary/news
8. Корпоративное управление как фактор повышения инвестиционной привлекательности: коллективная монография / Под ред. Е.Б. Завьяловой, В.Б. Кондратьева. – М.: МГИМО, 2014. – 311 с.
9. Индекс корпоративного управления России 2017. URL: http://nand.ru/upload/ux/corporate_governance_index_2017.pdf

СЕКЦИЯ 8: УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ

КИТАЙ В ТРАНСПОРТНОМ СЕКТОРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: ИНТЕГРАЦИЯ ИЛИ ЭКСПАНСИЯ?[80]

Аристова Л.Б., Семенова Н.К.

Институт востоковедения РАН,
Россия, г. Москва, ул. Рождественка д.12
aristova3@gmail.com, semenovanelli-2011@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются особенности развития транспортной сферы в странах ЦА, роль Китая в осуществлении проектов, интересы и выгоды сторон-участниц..

Ключевые слова: ЭПШП, транспорт, инвестиции Китая, стратегия стран ЦА, Россия..

Тесное экономическое, культурное, научно-техническое сотрудничество России и Китая в ближайшие 10-15 лет будет решающим фактором устойчивого развития всего евразийского региона. За последние годы российско-китайские отношения развивались по широкому кругу областей. Если вопросы в сфере международных отношений часто решались совместно, то в экономической сфере двусторонние отношения строятся сложно и не просто.

По оценке российских и китайских специалистов, в отношении взаимодействия в сфере экономики двух стран есть больше перспективы расширения взаимовыгодного сотрудничества. В значительной степени оказывает влияние место каждого из государств в мировой системе. В современных условиях двустороннее сотрудничество РФ и КНР в значительной степени идет через рамки ШОС. КНР рассматривает страны членов ШОС как перспективный рынок сбыта своих товаров, получения углеводородного сырья и т.д. Интересы Китая в ШОС можно охарактеризовать как:

1) торгово-инвестиционное (желание укрепиться на местных центрально-азиатских рынках;
2) транспортные (задача связать регионы Центральной Азии (ЦА) с провинциями западного Китая системой транспортных трансграничных коридоров;
3) Евразийский транзитный Шелковый путь;
4) энергетический аспект (использование углеводородов ЦА).

Для России (РФ) страны ЦА являются зоной российских интересов. После распада СССР сохранялось мнение, что эти государства в политическом, экономическом, военном отношениях могут быть большой нагрузкой для самой России, рассчитывая на ее помощь в разных сферах экономики. В последнее время с созданием ряда международных организаций (ШОС, ЕврАЗЭС, Единого таможенного союза, экономического пространства) положение меняется, тесное взаимодействие всех стран-участниц проявляется в обеспечении безопасности, борьбы с экстремизмом, международным терроризмом. Идет развитие торгово-экономических связей, совместное использование природных богатств в интересах всех стран региона.

Интеграционное объединение УФЭС (Евразийский экономический союз) является самым крупным по занимаемой территории, более 20 млн. кв.км. В его составе население 182,7 млн. чел. (2,5% населения мира) Россия, входящая вместе с рядом стран Центральной Азии в объединение продвигает задачи объединения в сфере экономики. С 2015 г. Китай предложил крупный региональный проект «Один пояс – один путь» ЭПШП, предполагающий создание единой транспортной системы от КНР через страны Центральной Азии, Россию на запад. В настоящее время по данным китайский экспертов проект ЭПШП включает 65 стран (4,4 млрд. чел.) (1).

Проект определяет новое направление в сотрудничестве в экономической сфере (транспорте, торговле, производственных отраслях и др.). КНР успешно продвигает проект, рассматривая его как источник успешного развития всех стран-участниц. Однако, среди российских экономистов существуют различные подходы к оценке ЭПШП и участи УФЭС в проекте, роли России.

Проект «Один пояс – один путь», выдвинутый КНР, подписали более 40 стран. Совместное заявление о сотрудничестве по ЭПШП России и Китая по сопряжению проектов носит стратегический характер. По плану предполагается укрепление двусторонних торгово-экономических

[80] *Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-014-00027А.*

отношений РФ и КНР, стран ЦА, промышленную кооперацию, инвестирование, создание транспортной сети, роста интермодальных перевозок, зон свободной торговли и др.

Строительство новых автомобильных и железных дорог благоприятно повлияют на рост экономики, стран-участниц проекта. Создание транспортно-логистических центров повлияет на более успешные грузоперевозки, рост новых отраслей производства, занятость населения.

Для КНР важное место в национальной политике занимают районы Западного Китая. Потому российские транспортные проекты Восточной Сибири и Дальнего Востока и соседних районов Китая имеют общие интересы. Создание российских регионов опережающего развития будут задействованы и общих с КНР планах.

Страны Центральной Азии для КНР давно стали зоной националь-ных интересов. Продвижение китайских товаров на запад, инвестиции в транспортную сферу ЦА, развитие районов западного Китая и др. – все это усиливает роль КНР на территории стран ЦА. Для России это не является положительным.

Страны Центральной Азии для Китая представляют значительный интерес в качестве транзитного региона и как потребители китайских то-варов. Являясь определенным мостом между Европой и Азией, страны ЦА становятся активными участниками в предоставлении транспортных услуг по перевозке грузов из КНР на Запад. С одной стороны, развивая транспортную сферу на Евразийском пространстве Казахстан, Таджикистан, Узбекистан могут получить доходы от транзита грузов, новые производства по обслуживанию дорог. Принятый проект КНР ЭПШП, включающий транспортную систему ряда стран ЦА, требует значительных инвестиций. Железнодорожная магистраль и автотрассы от КНР на Запад буду служить главной дорогой торговых обменов (2).

Еще в 2015 г. Казахстаном была принята госпрограмма по развитию сферы транспорта «Нурлы Жол», цель которой – улучшить состояние всех видов транспорта и обеспечить долгосрочный рост экономики Казахстана (3).

Согласно проекту Казахстан должен в первую очередь организовать транспортно-логистическую инфраструктуру по своей территории. Также осуществлять строительство автомобильных путей, которые послужат частью транспортного китайского коридора Западная Европа – Западный Китай.

Казахстанская программа совпадает с планами Китая. Создание логистических центров на транспорте Казахстана позволит улучшить работу по перевозке китайских грузов расширить их объемы, снизить время в пути. По оценке казахских экономистов, к 2020 г. около 3 тыс. контейнерных поездов будут пересекать территорию Казахстана из КНР и обратно в рамках реализации плана ЭПШП и национального казахского плана «Нурлы Жол» - «Путь в будущее» (4).

Определенные трудности в реализации казахского плана и казахско-китайского сотрудничества связаны прежде всего с низким техническим уровнем транспортной сети Казахстана и других стран ЦА, требованием значительных финансовых средств на модернизацию транспорта. Существует разница в ширине колеи железных дорог Казахстана (российские стандарты_ и Китая (европейская колея).

Успехи в экономическом развитии КНР в последние годы вынудили власти Китая расширить свои торгово-экономические связи с соседними странами и возможностью расширения экспорта в Европу. Ближайшие к КНР страны ЦА, обладание богатыми запасами углеводородов и минерального сырья, лежащие на пути в Европу стали объектом внимания и взаимодействия с КНР.

С начала XXI в. КНР заключил ряд соглашений о стратегическом партнёрстве со странами ЦА (Казахстан, Узбекистан, Таджикистан, Туркестан, Киргизия). Китай инвестирует местные производства и проекты транспортной сферы, участвует в разработках углеводородного сырья, в сфере водоснабжения. Проекты имеют свои трудности (участие большей частью рабочей силы из КНР; строительство водного канала Черный Иртыш – Карамай) вызывающее недовольство местного населения. Инвестиции КНР в экономику стран ЦА увеличивают их внешний долг. Так, например, ещё в 2015 г. внешний долг Казахстана имел 13,3 млрд.долл. (8,5%) доли КНР, Таджикистан 0,9 млрд.долл. (43%), Киргизия 1,2 млрд.долл. (35%) (5).

В своей политике КНР преследует две цели – это экономическая и военная безопасность страны, рост экономики. Для укрепления позиций КНР на Евразийском пространстве проект ЭПШП необходим. КНР пользуется финансовыми средствами, делая вливания в экономику соседей, укрепляя, прежде всего, свою экономику. Потенциал соседей намного ниже и требует финансовой помощи. Путем возведения инфраструктурных объектов, выдаче кредитов в странах ЦА Китай укрепляет свои позиции и зависимость стран ЦА. Однако, растет и недовольство внутри этих стран (вытеснение местной рабочей силы, неравная оплата труда), нежелание Китаем покупать товары местного производства, особенно сельского производства, более дешёвые и качественные и др.

Проект «Один пояс – один путь» был предложен КНР и большие выгоды от его реализации получает Китай. Напротив страны ЦА попадают в большую финансовую зависимость от КНР на многие годы. Инвестируя транспортные проекты в ЦА, КНР поможет своим банкам и производителям. Вокруг КНР создается большая территория дружественных Китаю стран, зависимых от КНР.

Проект, предложенный КНР, создан китайскими специалистами на финансовые средства Китая, что дает большую выгоду этой стране. Страны ЦА наоборот, развивая свою экономику, попадают в большую финансовую зависимость от сильного соседа, получая его кредиты.

Основной задачей во взаимодействии КНР с соседями остается по-лучение углеводородного и минерального сырья для нужд своей экономики, продвижение китайских товаров, расширение рынков сбыта. Китай ещё в начале XXI в. (2014 г.) более 23 млрд. долл. вложил в разработку нефти в Казахстан, что привело к контролю добычи казахской нефти (более ¼ объема, около 20 млн.т) (6).

Богатейшие залежи природного газа в Туркменистане разрабатывается при поддержке КНР (выделено 12 млрд.долл.) и экспорт газа. При этом на месторождении Голкынаш вся добыча осуществляется целиком КНР и в свою пользу. Китай вывозит ценное минеральное сырье (цветные металлы, уран) из Казахстана, что позволяет расширить количество своих реакторов АЭС (31 в 2015 г. – к 2030 г. намечено увеличить число до 110).

В целом, выдвигая идею ЭПШП, инвестируя транспортные и энергетические проекты на территории Евразийских государств, Китай в первую очередь улучшает положение своей экономики. Инвестируя транспортную сферу стран ЦА, Китай усиливает зависимость этих стран, хотя определенные положительные стороны для стран ЦА есть. Учитывая положительные и негативные стороны проекта ЭПШП, можно укрепить позиции стран ЦА. Среди неблагоприятных факторов может быть создание в странах ЦА производств с устаревшим оборудованием, опасных предприятий, следует сохранять условия экологии.

В настоящее время, позиции КНР в странах ЦА расширяются, что не может не беспокоить Россию. Для успешного сотрудничества России и КНР нужно учитывать общие интересы и задачи отдельных государств. Общие задачи включают сферу создания логистических центров на транспорте, строительство высокоскоростных магистралей, развитие среднего и малого бизнеса в странах ЦА.

Литература

1. *Сергей Бирюков.* «Новый Шёлковый путь» и Евразийская интеграция: конвергенция проектов как шанс на развитие. Geополитика.ru 20.03.2017.
2. *М. Титаренко*. Транспортный мост Азия – Европа и перспективы российско-китайского сотрудничества. (Электронная версия) http://old.riasledie.ru/oboz/N04_99/4_05. 13.05.2018 HTM
3. Госпрограмма цифрового развития «Нурлы Жол» на 2015 г. – 2019 г. (электронная версия) http:/www.baiterek.gov.kz/upload/grogram/ Нурлы жол. Pdf.16.06.2018.
4. Перспективы и план действий по способствованию совместному строительству ЭПШП и «Морского Шёлкового пути 21 века». 15.06.2018.
5. *Дм. С. Попов*. «Центральная Азия в китайской концепции экономического пояса Шёлкового пути и стратегические интересы России». – Институт стратегических исследований. Журнал «Проблемы национальной стратегии». 29.04.2006.
6. Там же.
7. Политологи о проекте «Один пояс – один путь». - «Аргументы и факты». 15.05.2017.

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ НА КРУПНОМАСШТАБНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

Бабиков В.М., Заложнев А.Ю., Положишников В.Б.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
Отраслевой центр разработки и внедрения информационных систем ОАО «РЖД»,
г. Москва, ул. Каланчевская, д.13
vasmakviza@gmail.com, zalozhnev@yandex.ru, vic_pol@mail.ru

Аннотация: Управление транспортными системами и, в частности, логистикой и перевозками грузов на крупномасштабной железнодорожной сети является сложной задачей. Её решение требует разработки комплекса математических моделей и специализированного программного обеспечения. Управление

логистикой и перевозками также предполагает разработку и реализацию различных алгоритмов управления этими процессами. Данный доклад посвящен определению предпочтительного алгоритма управления грузовой логистикой на крупномасштабной железнодорожной сети для особого случая. В рассмотренном в докладе случае станции отправления и назначения принадлежат различным региональным подразделениям железнодорожной сети, а процесс транспортировки грузов между этими станциями может быть реализован в виде одного из двух алгоритмов. Для выбора предпочтительного алгоритма управления логистикой применяется вероятностный подход. Решение сформулированной проблемы на практике предполагает параметризацию исследуемых алгоритмов с последующим моделированием, а также сравнение полученных результатов с целью определения предпочтительного алгоритма. Полученные решения могут быть использованы для оптимизации управления логистикой на крупномасштабной железнодорожной сети.

Ключевые слова: транспортная система, крупномасштабная железнодорожная сеть, грузовая логистика, алгоритмы управления

Введение

Управление транспортными системами и, в частности, грузовой логистикой на крупномасштабной железнодорожной сети требует комплексного подхода и принятия обоснованных организационных решений. В частности, это требует разработки и внедрения различных алгоритмов управления продвижением грузов по сети.

Одной из важных проблем в управлении логистикой на крупномасштабных железнодорожных сетях является определение предпочтительного алгоритма управления грузовой логистикой для случая, когда станция отправления и станция назначения принадлежат различным региональным подразделениям железнодорожной сети. Основное внимание в докладе уделяется рассмотрению именно этой проблемы. Работа основана на результатах, полученных в работах [1-2].

1 Алгоритмы управления грузовой логистикой на крупномасштабной железнодорожной сети

Рассмотрим процесс доставки груза из пункта (города) A в пункт (город) B через крупномасштабную железнодорожную сеть. Пункт A находится на территории, обслуживаемой какой-либо железнодорожной станцией d_1 (станция отправления), которая относится к какому-либо региональному подразделению железнодорожной сети, например к D_1. Пункт B находится на территории, обслуживаемой какой-либо железнодорожной станцией d_n (станция назначения), относящейся к какому-либо региональному подразделению железнодорожной сети, например к D_n. Транспортировка груза с территории, обслуживаемой региональным подразделением D_1 железнодорожной сети, на территорию, обслуживаемую региональным подразделением D_n железнодорожной сети, проходит через территории, обслуживаемые региональными подразделениями D_i, $i = 2, n\text{-}1$ железнодорожной сети.

Предполагается, что между станцией отправления d_1 и станцией назначения d_n существует, по крайней мере, один рациональный маршрут. "Рациональный маршрут" – это маршрут между станцией отправления d_1 и станцией назначения d_n, проходящий через станции d_2, d_i, d_{i+1} $d_\text{n-1}$, для которого выполняется следующее условие: расстояние $\rho(d_{i+1}, d_n)$ между железнодорожной станцией d_{i+1} и железнодорожной станцией d_n меньше, чем расстояние $\rho(d_i, d_n)$ между железнодорожной станцией d_i и железнодорожной станцией d_n. Также предполагается, что смежные станции, относящиеся к рациональному маршруту, например d_i и d_{i+1}, относится к различным региональным подразделениям крупномасштабной железнодорожной сети.

Предполагается также, что если груз слишком мал по весу, объему или стоимости, то его следует консолидировать с другими грузами на станции отправления. Среднее время консолидации груза с другими грузами, ожидающими отправки в том же направлении, например со станции d_1 на станцию d_2, включается в общее время ожидания отправки.

В рамках исследования рассмотрено два различных случая расположения пунктов отправления и назначения – A и B относительно железнодорожных станций d_1 и d_n, в первом из них пункты отправления и назначения совпадают с соответствующими железнодорожными станциями, а во втором – нет. Исходное описание алгоритмов управления продвижением грузов по сети относится к случаю, когда пункты отправления и назначения совпадают с железнодорожными станциями d_1 и d_n.

В данной работе предполагается, что процесс управления логистикой железнодорожных грузов может быть реализован в виде одного из двух алгоритмов управления. Каждый из этих алгоритмов генерирует один из двух типов рациональных маршрутов, которые, в принципе, могут совпадать друг с другом.

Первый алгоритм может быть описан следующим образом. В начальный момент груз, который необходимо доставить со станции отправления d_1 на станцию назначения d_n, размещается на станции d_1 и, при необходимости, консолидируется с другими грузами. Когда консолидированный груз становится достаточным, чтобы его отправка была практически целесообразна, например, сформирован один железнодорожный вагон, то он должен быть, при первой возможности, отправлен на любую железнодорожную станцию d_2, принадлежащую какому-либо рациональному маршруту между d_1 и d_n. На железнодорожной станции d_2, при необходимости, консолидация должна быть осуществлена вновь. После этого груз в составе консолидированного груза, например железнодорожного вагона, должен быть при первой возможности отправлен на любую грузовую железнодорожную станцию d_3, принадлежащую какому-либо рациональному маршруту между d_1 и d_n. Затем весь процесс повторяется до тех пор, пока груз не будет доставлен на станцию d_n, относящуюся к региональному подразделению D_n крупномасштабной железнодорожной сети.

Второй алгоритм может быть описан следующим образом. В начальный момент груз, который необходимо доставить со станции отправления d_1 на станцию назначения d_n, размещается на станции d_1. При этом груз ожидает одно из двух событий: формирования прямого грузового состава от станции d_1 до станции d_n либо прохождения через станцию d_1 грузового состава, следующего до станции d_n или далее по рациональному маршруту.

2 Постановка задачи и результаты исследования

Для каждой станции отправления d_{ij}, относящейся к какому-либо региональному подразделению D_j железнодорожной сети, и для каждой станции назначения d_{kl}, относящейся к какому-либо региональному подразделению D_l железнодорожной сети, время доставки груза в соответствии с первым или вторым алгоритмом управления продвижением груза по крупномасштабной железнодорожной сети является случайной величиной.

Дополнительным фактором случайности является то, что рациональный маршрут не является единственным для обоих алгоритмов управления. В каждом отдельном случае он может проходить через различные промежуточные станции d_{kl}, относящейся к какому-либо конкретному региональному подразделению D_l железнодорожной сети. Мы устраняем возникающую при этом неопределенность в оценке времени доставки груза между двумя промежуточными станциями, относящимися к различным региональным подразделениям железнодорожной сети, путем использования в расчетах агрегированных величин, характеризующих среднее время ожидания отправки и доставки груза между станциями, относящимися к региональным подразделениям D_j и D_{j+1} крупномасштабной железнодорожной сети.

На основе имеющихся статистических данных могут быть определены параметры распределений случайных величин, характеризующих время доставки груза со станции отправления до станции назначения в соответствии с первым или вторым алгоритмом управления.

Далее, для ожидаемого времени доставки при заданных законах распределения и известных параметрах исходных случайных величин может быть определена вероятность доставки груза в срок в соответствии с каждым алгоритмом управления продвижением груза по железнодорожной сети. На основании сравнения вероятностей доставки в срок для каждой пары станций отправления d_{ij} и назначения d_{kl}, относящихся к различным региональным подразделениям крупномасштабной железнодорожной сети может быть выбран оптимальный алгоритм управления грузовой логистикой.

В докладе также рассматривается более общий случай, в котором пункты отправления и назначения A и B не совпадают с железнодорожными станциями d_{ij} и d_{kl} или, соответственно, со станциями d_1 и d_n.

Для получения более адекватных результатов сформулированная задача управления логистикой на крупномасштабной железнодорожной сети может быть решена с учетом различных объемных и весовых характеристик грузов, а также срочности их доставки.

Заключение

Управление транспортными системами и, в частности, логистикой и перевозками грузов на крупномасштабной железнодорожной сети является сложной задачей. Её решение требует разработки комплекса математических моделей и специализированного программного обеспечения. Управление логистикой и перевозками также предполагает разработку и реализацию различных алгоритмов управления этими процессами.

Полученные в работе результаты могут быть использованы для оптимизации управления логистикой на крупномасштабной железнодорожной сети. Рассмотренная в докладе модель может

быть также использована для решения задач управления грузовой логистикой на транспортных сетях, объединяющих несколько различных видов транспорта.

Обсуждаемое в настоящее время развитие модели предполагает применение подходов основанных на использовании Марковских цепей и Байесовских сетей доверия. Идеи применения этих подходов к решению данной проблемы содержатся, например, в работе [3].

Литература

1. *Заложнев А.Ю., Положишников В.Б.* О выборе алгоритма продвижения груза по железной дороге // Современные сложные системы управления. HTCS'2012. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – С. 108-110.
2. *Заложнев А.Ю., Положишников В.Б.* Об одной проблеме организации перевозки груза по железной дороге // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2013): Материалы Седьмой международной конференции, 30 сентября – 2 октября 2013 г. Т. 2.– М.: ИПУ РАН, 2013. – С. 105-107.
3. *Бабиков В.М.* Вопросы оценки надежности человеко-машинных систем на базе сетей доверия // Труды XXI международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: ИПУ РАН, 2013. – С. 86-91.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ТРАНСПОРТА ПЕРИФЕРИЙНОГО РЕГИОНА И МОБИЛЬНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

Бардаль А.Б.

Институт экономических исследований ДВО РАН,
Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская д.153
Bardal@ecrin.ru

Аннотация: Рассмотрена методика оценки динамики доступности транспортных услуг для населения. Представлен блок качественных оценок и результаты его апробации для периферийного региона РФ. Проведенный социологический опрос позволил сформировать оценки населением качества и проблем использования видов транспорта. Это может стать основой для принятия управленческих решений относительно развития транспорта региона.

Ключевые слова: транспорт, транспортная мобильность населения, развитие транспорта

Введение

Одной из ключевых задач управления развитием транспорта является обеспечение комфортных и доступных перемещений населения – мобильности. В каждом регионе страны с учетом особенностей исторически сложившейся практики ведения хозяйственной деятельности эта задача имеет свои особенности, проявляющиеся в т.ч. в процессе управления развитием транспорта [1].

Понимая под периферийным регионом географически удаленный от центров экономической активности национальной системы субъект РФ [2], можно отметить, что к таковым относятся все административно-территориальные образования Дальнего Востока. Для части из них периферийность дополняется приграничным положением. Эти два фактора, в совокупности с малой численностью населения и сложившейся очаговой системой расселения во многом определяют специфику управления развитием транспортного комплекса.

В части обслуживания пассажирских перевозок специфика выражается в низкой плотности пассажиропотока, повышенных затратах на обслуживание объектов инфраструктуры (сложные природно-климатические условия, значительная протяженность сетей), отсутствие разветвленной наземной сети и необходимость использования более дорогих видов транспорта (воздушные перевозки), необходимость развития транспортной инфраструктуры и организация перевозок в международном сообщении и т.д.

При этом транспортная мобильность населения будет во многом определяться доступностью транспортных услуг. Поэтому для формирования актуальных направлений развития транспорта на региональном уровне необходимо проводить оценку изменения доступности транспортных услуг для населения с учетом особенностей периферийного положения. Результаты оценки являются с одной стороны – итогом деятельности по управлению развитием транспорта, с другой стороны – помогают формировать направления дальнейшего развития транспортного комплекса.

1 Методика оценки изменения транспортной мобильности населения

Отмечаемое снижение транспортной мобильности населения Дальнего Востока может быть следствием изменения физической доступности транспорта, изменения мотивов передвижения,

динамики транспортных тарифов и доходов населения и пр. Важно оценить влияние каждой из перечисленных составляющих на результат.

Для анализа изменения доступности транспорта во времени была разработана методика, включающая оценку двух компонентов: физической и экономической доступности транспортных сетей для населения. Результаты ее тестирования для субъектов РФ на Дальнем Востоке были подробно рассмотрены ранее [3]. Отметим лишь, что полученные показатели свидетельствуют о снижении физической доступности транспорта для населения большинства субъектов Дальнего Востока за период 1990-2017 гг. Рассматривался воздушный транспорт, прибрежные морские перевозки, железнодорожный транспорт, междугородние автобусные перевозки. При этом экономическая доступность, оцениваемая через расчет покупательной способности реальных денежных доходов населения с учетом транспортных тарифов различных видов транспорта, за аналогичный период возросла.

Продолжая работу, предлагается дополнить методику качественными оценками уровня комфортности и проблем использования транспортной системы пассажирами.

2 Удовлетворенность качеством транспортных услуг населения

Для отработки методики в 2018 г. было проведено социологическое исследование с использованием метода сбора эмпирической информации – анкетного опроса, который позволил получить данные относительно мнений и оценок поведения населения при получении транспортных услуг. Массовый опрос 600 респондентов был проведен очно. Выборка репрезентативна по гендерной, территориальной, возрастной принадлежности. Ошибка выборки – 5%.

Репрезентативность выборки была обеспечена[4]:

- расчетом долевой представленности респондентов по признакам пола, возраста (от 18 лет и старше), территориальной принадлежности (городское, сельское население) с использованием статистических данных о численности рассматриваемых социальных групп в регионе;
- проведением ремонта выборки по завершении формирования базы данных опроса.

Опрос проводился в точках локализации предоставления транспортных услуг крупнейшего транспортного узла Дальнего Востока, сосредоточившего все виды транспорта – г. Хабаровск: аэропорт (внутренний и международный терминалы), железнодорожный вокзал, автовокзал. Выбор мест обусловлен задачей максимального участия в опросе пользователей транспортных услуг всех имеющихся видов транспорта в системе междугороднего сообщения.

Для проведения опроса была разработана авторская анкета, включающая открытые, полузакрытые, закрытые, альтернативные шкальные вопросы, вопросы-меню, что позволило соблюсти принципы экономичности и надежности при опросе. Вопросы сформулированы простым языком, понятным представителям всех социальных слоев и всех возрастов, что обеспечило одинаковое понимание вопросов и формулировку ответов соразмерно опыту и мнению респондентов. Полученные первичные данные позволили сформировать базу данных и были обработаны с использованием программного пакета «Statistical Package for the Social Sciences».

Разработанная анкета состояла из различных тематических блоков, позволяющих анализировать мнение населения по отдельным направлениям работы транспортного комплекса. В контексте данного материала рассмотрим оценки качества транспортных услуг и основных проблем при использовании транспорта. Именно эти параметры являются важными для определения направлений развития транспорта с точки зрения управленческих решений.

Так, отвечая на вопрос о качестве транспортных услуг, более 80% опрошенных в целом положительно оценивают железнодорожные и авиационные перевозки (82,9% – для железнодорожного транспорта и 87,4% для воздушного). При этом почти половина респондентов отметили отсутствие проблем при использовании железнодорожного транспорта. Другие к числу проблем отнесли не комфортные условия в пути, высокую цену билета и неудобное расписание (табл. 1,2).

Таблица 1. Результаты ответа на вопрос «Как Вы оцениваете качество предоставления транспортных услуг в целом?» (% от 100% ответивших на вопрос)

Варианты ответа	**Вид транспорта**			
	железнодорожный	воздушный	автобус	речной
очень хорошо	22,9	46,7	10,2	8,6
скорее хорошо	60,0	40,7	47,4	25,8
скорее плохо	12,2	3,3	30,2	7,1

Варианты ответа	Вид транспорта			
	железнодорожный	воздушный	автобус	речной
очень плохо	3,1	1,4	6,8	4,5
затрудняюсь ответить	1,8	7,9	5,3	54,0

Примечание: рассчитано автором на основе данных проведенного социологического опроса

Для воздушного транспорта ожидаемо основной выделяемой проблемой для пассажиров стала высокая цена авиабилета – почти половина опрошенных отметили этот факт (47,9%).

Таблица 2. Результаты ответа на вопрос «Каковы основные проблемы при пользовании данным видом транспорта?» (возможен множественный выбор, % от 100% ответивших на вопрос)

Варианты ответа	Вид транспорта			
	железнодорожный	воздушный	автобус	речной
нет проблем	49,2	40,7	26,4	25,0
не комфортные условия	15,3	3,0	31,0	9,0
неудобный маршрут	6,0	2,3	5,4	1,9
неудобное расписание	11,1	4,6	7,4	11,6
нарушения расписания	2,4	4,3	7,1	4,5
высокая цена	12,3	47,9	9,5	1,3
плохое качество инфраструктуры (дороги, аэропорта и пр.)	1,6	0,2	35,1	5,2
плохой сервис	10,3	0,7	7,6	3,9
другое	0,4	0,5	0,2	7,1
затрудняюсь ответить	4,6	7,3	4,1	37,7

Примечание: рассчитано автором на основе данных проведенного социологического опроса

Ситуация с качеством междугородних и международных автобусных перевозок хуже. Лишь 57,6% респондентов дали положительную оценку работе автомобильного транспорта, отметив в числе проблем не комфортные условия в пути и плохое качество инфраструктуры. Полученные ответы соответствуют фактической ситуации. На Дальнем Востоке износ парка автомобильного транспорта на сегодня достаточно высок, а около 46% протяженности дорог общего пользования не соответствует нормативным требованиям [5]. В результате чего ДФО занимал по итогам 2017 г. первое место по числу дорожно-транспортных происшествий среди федеральных округов России.

Ответы относительного качества перевозок речного транспорта показывают неопределенность мнения большей части опрошенных, что объясняется низкой частотой его использования. Этот вид транспорта применяется в основном жителями региона, имеющими дачные участки на левом берегу реки Амур и проживающими в населенных пунктах вдоль речной сети.

Проведенный опрос позволил выявить комплексные факторы использования транспорта населением региона (в частности, были получены результаты связи уровня дохода и частоты использования различных видов транспорта; выявлены факторы, влияющие на выбор конкретного вида транспорта и т.д.). В контексте вопроса управления развитием транспорта опрос пользователей транспорта позволил сформировать объективные оценки качества транспортных услуг регионального комплекса населением на современном этапе, а также выделить ключевые проблемные моменты.

Последние должны стать основной для принятия управленческих решений относительно развития транспортного комплекса региона на среднесрочную перспективу. Важно при этом учитывать, что ключевые направления развития (на основе выявленных проблем) будут сформированы с учетом мнения реальных конечных пользователей транспортных услуг. В дальнейшем, для мониторинга происходящих изменений, результативности принимаемых мер и корректировки управленческих решений, необходимо проводить периодические повторные оценки с применением представленной методики (интервал 3-5 лет).

Литература

1. Стратегия регионального развития: Республика Бурятия. – М.: Экономика, 2005. – 624 с.

2. *Толстогузов О.В*. Типология периферийных регионов и особенности граничной периферии северо-запада России // Региональная экономика: теория и практика. 2010. № 47(182). С. 6-13.

3. *Bardal A.B.* Change in Accessibility of Transport Services for the Population of the Far East of Russia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 463. Part 3. 2018. 042079 DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/4/042079
4. *Бардаль А.Б., Грицко М.А., Халикова С.С., Хван И.С.* Измерение доступности транспортных услуг на Дальнем Востоке // Власть и управление на востоке России. 2018. № 3(84). С. 8-16.
5. Региональная экономическая конъюнктура: Дальневосточный федеральный округ – 2017. – Хабаровск: Институт экономических исследований ДВО РАН, 2018. – 104 с.

ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Большедворская Л.Г.

Московский государственный технический университета гражданской авиации РФ, г. Москва, А-493, ГСП-3, Кронштадтский бульвар, дом 20.

l.bolshedvorskaya@mstuca.aero

Рухлинский В.М.

Комиссия Межгосударственного авиационного комитета, РФ, МАК, г. Москва, ул. Б.Ордынка, 22/2/1,

icaomak@mak.ru

Аннотация — Возникновения ошибок и нарушений летного состава при производстве полетов часто объясняются низким уровнем подготовленности. В последние годы проблема усугубляется изменением состава и структуры парка воздушных судов, широкомасштабным применением электроники, Авиаоники и композитных материалов в конструкцию современных отечественных МС-21, SSJ-100 и зарубежных самолетов А-350, А-380, В-777, В-787. Поэтому этот факт требует дополнительного изучения и анализа. Предметом такого анализа является процесс освоения летных навыков экипажей российских и иностранных авиакомпаний. В соответствии с требованиями ИКАО, изложенными в приложениях 1 и 6 к Конвенции о международной гражданской авиации, и "Руководства по обучению в области человеческого фактора" (Дос. 9683-AN/950), методы обучения и подготовки квалифицированных специалистов гражданской авиации должны содержать научно обоснованные технические, технологические и организационные решения, внедрение которых позволит внести значительный вклад в повышение безопасности полетов.

Ключевые слова — безопасность полетов, технология, программа, уровень профессиональной подготовки, процесс обучения.

Введение

В нормативных документах существует четкое определение понятия «авиационный персонал». Прежде всего, это лица, которые имеют профессиональную подготовку. Это лица, которые осуществляют деятельность по обеспечению безопасности полетов воздушных судов или авиационной безопасности. Это также лица, занимающиеся организацией, выполнением, обеспечением и обслуживанием воздушных перевозок и полетов воздушных судов. Для не коммерческой авиации авиационные персонал – это лица, осуществляющие выполнение авиационных работ, организацию использования воздушного пространства, организацию иобслуживание воздушного движения, обеспечение безопасности полёта. Одним из документов, способствующих перспективному развитию стратегии повышения безопасности полетов, является Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации «Управление безопасностью полетов». Данный документ содержит стандарт и рекомендуемую практику в сфере непрерывного мониторинга, и выявления и устранения рисков безопасности полетов.

Инструментарием для государственного контроля за обеспечением БП является система показателей, включающая восемь критических элементов. Следует выделить важность и актуальность трех элементов, отмеченных в результатах проверки гражданской авиации России комиссией Международной организации ИКАО:

- КЭ – 4 - квалификация и подготовка авиационного персонала;
- КЭ – 7 - обязательства по ведению надзора;
- КЭ – 8 - решение проблем безопасности полетов.

Выделенные критические элементы имеют тесное взаимодействие и объединены одной причинно-следственной связью – человеческий фактор – техника – окружающая среда.

1 Формулировка цели

Для снижения риска безопасности полетов должны быть скорректированы традиционные программы обучения авиационных специалистов до уровня, отвечающего современным требованиям управления безопасностью полетов.

Это обусловлено конструктивными изменениями внешнего вида кабины современных самолетов, которая оборудована прозрачными индикаторами, позволяющими пилоту одновременно отслеживать показания приборов и оценивать реальную ситуацию «за окном». Кроме этого, в современную систему управления полетов входит «электронный план полета», состоящий из двух экранов, на которые выводятся параметры полета.

Отмечается, что основным недостатком современной технологии подготовки пилотов является отсутствие в летных училищах технических возможностей подготовки будущих пилотов для работы на современных воздушных судах российского и иностранного производства. Данный факт создает дополнительные проблемы в трех аспектах. Во-первых, снижается привлекательность летной профессии для курсантов – будущих пилотов. Во-вторых, увеличивается время допуска к самостоятельной работе за счет дополнительной переподготовки пилотов. В-третьих, увеличиваются затраты авиакомпании на переподготовку и обучение пилотов для эксплуатации самолетов иностранного производства.

Применение новых композитных материалов коренным образом меняют систему подготовки и переподготовки инженерно-технических специалистов и обслуживающего персонала. Это обусловлено тем, что более 50% массы планера B-787 и A-350, и около 28% массы планера A-380 состоят из композитных материалов на основе углепластика.

Самолеты четвертого поколения оборудованы большим количеством электронных вычислительных систем, поэтому все действия экипажа в процессе полета фиксируются специальными компьютерами, корректируются ими, и уже потом выполняются непосредственно в определенных системах.

Тем не менее, доказано, что автоматика маскирует угрозы. Анализ структуры ошибочных действий пилота в зависимости от этапов полета и недостатков технического обслуживания воздушных судов, позволили не только по-новому взглянуть на особенности обучения и переподготовки летного персонала, а также подчеркнуть особую важность и значение для эксплуатации самолетов четвертого поколения специалистов новой категории - технического пилота.

Технический пилот – это пилот с расширенными знаниями систем авиационного судна определенного типа, включающий в себя некоторые функции бортинженера и инженера летного отряда. Это может быть летчик, который имеет инженерное образование и прошедший обучение на предприятии изготовителе воздушного судна.

Основными функциями технического пилота являются:

- контроль технического состояния воздушного судна;
- обзор эксплуатационных процедур и их изменений при применении бюллетеней инженерных операций;
- взаимодействие с производителем воздушного судна по решению оперативных вопросов;
- поддержание тесной связи с технологией выполнения полета: эксплуатация воздушного судна; маршруты; состояние аэропортов, и др.;
- решение технических вопросов, включая разработку перечня минимального оборудования (MEL);
- взаимосвязь с инженерно-техническим отделом и подготовка оперативной технической информации для пилотов.

В обязанности технического пилота также входит контроль за изменениями в технической документации предприятия производителя воздушных судов. Таким образом, технический пилот является связующим звеном между экипажем, инженерными службами и изготовителем воздушного судна.

2 Методы исследования

Решение задачи моделирования процесса подготовки кадров для гражданской авиации, удовлетворяющих требованиям эксплуатации самолетов четвертого поколения, до сих пор не получило необходимого развития. Это обусловлено наличием большого количества факторов, которые сложно ранжировать по степени их важности: прогнозируемое количество авиационных специалистов по категориям; процедуры набора и отбора потенциальных претендентов; оценка уровня готовности к выполнению квалификационных требований.

В теории и практике математического моделирования широко распространены модели корреляционно-регрессионного анализа, линейного программирования, задачи транспортного типа (задача о назначениях), и др. Одной из таких может рассматриваться многопериодная потоковая модель, входной переменной которой является прогнозируемый поток авиаспециалистов $X_{(t)}$ для гражданской авиации в заданный период времени.

Выходной информацией может являться совокупность параметров $Y_{(t)}$, описывающих состояние системы начальной подготовки и повышения квалификации авиаперсонала. Переход системы из одного состояния в другое зависит от времени и определяется структурой уровня подготовленности [3,4].

Потоковые модели, описывающие такие системы могут быть детерминированными или стохастическими. Детерминированные модели могут быть использованы в зависимости от этапов обучения. Стохастические модели могут быть использованы для оценки уровня подготовленности с учетом индивидуальных возможностей конкретного кандидата на каждом этапе обучения.

Решение данной проблемы может быть реализовано посредством внедрения программ «CBT (Competency Based Training)» и «EBT (Evidence Based Training)». В документе (Doc. 9868) на русском языке, CBT (competency based training) переводится как «квалификационная система подготовки». Однако, это ошибочный перевод, так как слово «competency» означает компетенция и дословно можно перевести как «компетенция в системе подготовки». В русскоязычном документе (Doc. 9995) «EBT (Evidence Based Training)» переводится как подготовка персонала на основе реальных данных.

Целью программ CBT и EBT является развитие у пилотов компетенций, соответствующих безопасной, качественной и эффективной эксплуатации коммерческого воздушного транспорта, сформулированных на основе реальных данных о рисках и ошибках, установленных в ходе эксплуатации воздушных судов.

Согласно зарубежного опыта оценивания уровня подготовки пилотов существует несколько групп используемых критериев.

На основе данных критериев предлагается система оценивания «2+3». Сущность системы заключается в том, что выставляются один или два балла при неудовлетворительных показателях работы, а три, четыре или пять баллов соответствуют уровню успешных показателей. Выставление баллов проводится при завершении каждого курса. Баллы выставляются по каждой из девяти компетенций. Пятиступенчатая шкала данной системы отражает приемлемый и неприемлемый уровень подготовки, что позволяет провести дифференцированную оценку знаний, навыков и умений обучающихся.

В начале восьмидесятых годов прошлого века по результатам расследования нескольких катастроф международная организация ICAO, озвучила важность и актуальность задач, одной из которых является задача непрерывного контроля и формирование межличностных отношений членов летных экипажей [5,6].

Проведенный анализ зарубежного и отечественного опыта, позволил сформулировать новую концепцию подготовки и управления ресурсами экипажа. Предлагается систему подготовки осуществлять за два этапа. Первый этап – базовая подготовка, второй этап – формирование межличностного взаимодействия в течение всего периода производственной деятельности.

Основной целью предлагаемой подготовки является определение и эффективное использование всех ресурсов, находящихся в распоряжении экипажа (оборудование, показания пилотажно-навигационных приборов, контрольные карты, процедурные навыки, и т.д.) [7,8].

Преимуществом такой системы подготовки является то, что она позволит повысить ответственность и максимально реализовать личностные качества командира воздушного судна (КВС). Структура разработанных необходимых навыков межличностного поведения командиров воздушных судов включает: умение действовать решительно; организовывать процесс обмена оперативной информацией при возникновении особых ситуаций; контролировать параметры полета и управления; четко формулировать руководящие указания;

грамотно осуществлять распределение нагрузки среди членов экипажа, и др.

Выработка привычек и навыков межличностного поведения не всегда может быть достигнуто за счет применения имеющихся технических средств подготовки. Поэтому неотъемлемой частью новой системы подготовки должно быть проведение эффективных брифингов.

Выводы

1. Преимуществом самолетов четвертого поколения является то, что они оборудованы огромным количеством электронных вычислительных систем, предотвращающих в процессе эксплуатации

выход воздушного судна на закритические положения. Недостатком является то, что автоматика маскирует угрозы не безопасного выполнения полетов. Решение данной проблемы может быть реализовано посредством внедрения программ CBT и EBT для подготовки пилотов.

2. Конструктивные и функциональные особенности самолетов четвертого поколения обусловлены сложностью системы, высоким уровнем автоматизации, большим количеством компонентов, использованием композитных материалов. На основании этого необходимо организовать подготовку новой категории авиационных специалистов – технического пилота.

3. Высокий уровень квалификации технического пилота, облик которого основан на знаниях техники, пилотирования и высокой инженерной подготовки позволит своевременно информировать экипаж и инженерные службы для предотвращения авиационных происшествий и инцидентов.

4. Применение новых композитных материалов в конструкции самолетов четвертого поколения коренным образом меняют систему подготовки и переподготовки инженерно-технических специалистов и обслуживающего персонала.

Литература

1. *Rukhlinskiy V. ,Bolshedvorskaya L., Malysheva L*. Next generation of aviation professionals reserve formation methodology.// Assembly – 37th Session, ICAO, Canada, Montreal, A37-WP/111, 28 September to 08 October, 2010. /http://www.icao.int/cgi/a37.pl?wpT
2. *Шипилов, В.В.* Об одном подходе к решению задач многокритериальной оптимизации базовых структур средств и систем контроля РЭО/ В.В. Шипилов // Контроль. Диагностика. – 2006. - № 6. - С.28-31.
3. *Евдокимов, В.Г.* Мониторинг и обеспечение безопасности полетов с учетом изменения функциональных свойств и факторов рисков сложных технических систем (авиационных систем): автореф. дис…. д-ра тех. наук: 05.22.14 / Евдокимов Владимир Григорьевич. -М., 2013. - 38 с.
4. Количественные методы в экономических исследованиях. Под ред. М.В.Грачевой, Л.Н. Фадеевой, Ю.Н. Черемных. – М.: ЮНИТИ, 2044. – 786 с.
5. Руководство по управления безопасностью полетов, Doc 9859 AN/474. - ИКАО, 2009.
6. New directions in the implementation of ICAO- IAC PROJECT RER/01/901 (COSCAP - CIS) and main outputs of its activities for the last 15 years. Working paper of the ASSEMBLY – 39 TH Session 2016.Monreal. http://www.icao.int.Meetings/a39/Documents/WP/wp_141_en.pdf.
7. *Rukhlinskiy V.* Human Factors and Flight Safety.// 22nd Airbus Symposium. – Moscow, 2006 / www.airbus.com.
8. *Rukhlinskiy V., Bolshedvorskaya L.* Flight Safety Oversight Inspector Training // Assembly – 38th Session, ICAO, Canada, Montreal, A38-WP/224, 24 September to 04 October, 2013.
3 p.http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/WP/wp224_en.pdf188

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАГОНОПОТОКОВ

Бородин А.Ф., Горбунов Г.Г.

АО «Институт экономики и развития транспорта»,
Россия, г. Москва, ул. Новорязанская д.24
borodinaf@mail.ru, gorbunovgg@yandex.ru

Аннотация: Цель исследования – разработка научно-методических решений в области размещения и развития сортировочных станций в условиях неопределенности перспективных вагонопотоков. Сформулированы методические принципы решения задачи с применением сетевых потоковых моделей, методов теории принятия решений и принципов робастного управления.

Ключевые слова: методические принципы, размещение и развитие сортировочных станций, перспективные вагонопотоки, математический аппарат теории принятия решений, критерий среднего экономического риска, принцип робастного управления.

Рациональное размещение сортировочных станций на сети железных дорог – важнейшая задача в части организации перевозочного процесса на долгосрочную перспективу. Связано это прежде всего с необходимостью заблаговременного планирования как технологии работы железных дорог, так и с необходимостью развития сортировочных станций для обеспечения освоения перспективных поездопотоков.

На отечественной железнодорожной сети, начиная с 1922 года [1], разрабатываются и утверждаются схемы размещения и программы развития сортировочных станций. Всего за почти вековой период было выполнено 10 таких разработок. Но если ранее такие схемы выступали только

как программные документы, определяющие целевое состояние на 15-летнюю перспективу, то в настоящее время они служат непосредственной основой для планирования инвестиций, организации проектных и строительных работ на весь период их действия. Это в корне изменило требования и методику разработки таких схем и программ.

Решение задачи рационального размещения и развития сортировочных станций заключается в пропуске перспективных вагонопотоков по сети железных дорог с выполнением вариативных расчетов плана формирования грузовых поездов и выбором оптимального, обеспечивающего наиболее экономичную организацию перспективных вагонопотоков в поезда. На основе оптимального варианта перспективного плана формирования поездов необходимо выполнять расчеты потребных пропускных и перерабатывающих способностей рассматриваемых объектов станционной инфраструктуры на расчетную перспективу. В случае возникновения прогнозного дефицита способностей станции и высоких загрузок элементов станционной инфраструктуры должны быть разработаны технологические и инфраструктурные мероприятия, позволяющие устранить выявленные «узкие» места в работе станций и обеспечить освоение перспективных объемов перевозок.

Важнейшая цель разработки Схемы размещения – устранение существующих и предотвращение возможных узких мест в техническом развитии и технологии работы сети взаимодействующих сортировочных станций. Вместе с тем высокая динамичность транспортно-экономических связей в современных и перспективных условиях приводит к увеличению колебаний прогнозных перспективных транспортных потоков, в связи с чем запланированное развитие сортировочных станций к расчетному периоду может оказаться недостаточным, что, в свою очередь, увеличит эксплуатационные потери, сроки доставки грузов и себестоимость перевозок. Более того, данные риски приведут и к дополнительным капитальным затратам, связанным с необходимостью повторной реконструкции и сопутствующим расходам по организации строительства.

Для каждой станции (сортировочной системы) должны быть установлены: схемы расположения парков; количество сортировочных и приемоотправочных путей; типы и потребная мощность сортировочных устройств; число назначений формируемых поездов и размеры переработки вагонов.

Решение рассматриваемой проблемы осложняется тем, что существующая информация о размерах и структуре вагонопотоков не обладает необходимой глубиной и достоверностью. С достаточной уверенностью можно определить лишь зоны (интервалы), в которых могут находиться значения расчетных вагонопотоков. Порожние вагонопотоки обладают еще большей неопределенностью, чем груженые. На перспективу достаточно сложно указать, какая доля перевозок будет выполняться в вагонах отдельных операторов; какая система регулирования вагонных парков будет выстроена этими операторами; кто из них заключит договора с ОАО «РЖД» на накопление составов и формирование поездов из порожних вагонов на станциях инфраструктуры общего пользования, прежде всего на сортировочных.

Поэтому следует разработать метод, позволяющий сравнивать варианты распределения сортировочной работы в условиях неполноты информации о размерах и структуре груженых и порожних вагонопотоков. Это даст возможность выбирать решения, которые не теряют своей эффективности при практически возможных изменениях исходных данных.

Методика решения задачи размещения и развития сортировочных станций на перспективу предусматривает сочетание общесетевых оптимизационных расчетов с детальными проработками, учитывающими специфику конкретных узлов.

Рассматриваемая задача относится к классу NP-полных задач [7], для которых не найдено решение путём регулярных алгоритмов строгой оптимизации. Поэтому предусматривается приближенный поиск базового решения (построение сетевых потоковых моделей и пошаговое распределение транспортных потоков и реконструктивных мероприятий по сети взаимодействующих сортировочных станций [8]) и ряд эвристических процедур улучшения этого решения.

Выбор варианта технического состояния совокупности сортировочных станций и организации вагонопотоков на сети производится с использованием математического аппарата теории принятия решений. Сравнительный анализ ряда методов и критериев показал, что для рассматриваемой задачи наиболее приемлемым является критерий среднего экономического риска, рекомендованный, в частности, в приложении 1 Методических указаний [9].

Рассмотренный принцип обеспечивает снижение рисков получения неэффективных значений целевой функции, но сам по себе не обеспечивает учет дифференциации управляемых переменных различных классов по сложности и длительности ввода управляющих воздействий. Поэтому его целесообразно дополнить компонентами робастного управления.

Литература

1. *Бернгард К.А., Межова Р.В., Шулько В.П.* Размещение сортировочных станций (теория и методика расчетов). Труды ЦНИИ МПС, вып. 458, «Транспорт», 1972, стр.1-160.
2. *Акулиничев В.М.* Организация вагонопотоков. – М.: Транспорт, 1979, 223 с.
3. *Червяков В.И.* Комплексное решение задачи развития и распределения сортировочной работы между станциями. – Тр. МИИТ, 1978. – Вып. 592. – С. 61 – 84.
4. *Буянова В.К., Сметанин А.И., Архангельский Е.В.* Система организации вагонопотоков.– М.: Транспорт, 1988.
5. *Бородин А.Ф.* Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года.– Железнодорожный транспорт, 2008. - № 1. – С. 48 – 54.
6. *Бородин А.Ф., Агеев Р.В., Крылов А.С., Сиротич М.Б.* Сортировочные станции: взаимодействие, размещение, развитие. Методологические принципы. – Железнодорожный транспорт, 2010. - №7–С.20–27.
7. *Томас Х. Кормен и др.* Глава 34. NP-полнота // Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms. — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2006. — 1296 с. — ISBN 0-07-013151-1.
8. *Батурин А.П., Бородин А.Ф., Панин В.В., Шумская О.А., Пояркова М.А.* Организация сетевых вагонопотоков в одногруппные поезда. – Ж. д. транспорт, 2005. - № 6. – С. 17 – 24.
9. Методические указания по сравнению вариантов проектных решений железнодорожных линий, узлов и станций. – МПС СССР, Минтрансстрой СССР. – М.: ВПТИТрансстрой, 1988. – 468 с.
10. *Никифоров В. О.* Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений.—СПб.:Наука, 2003.- 282 с.

ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЕ УЗЛЫ - ОСНОВА МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Вакуленко С.П., Евреенова Н.Ю.

Российский университет транспорта (МИИТ),
Россия, г. Москва, ул. Образцова д.9, стр.9
post-iuit@bk.ru, nevreenova@mail.ru

Аннотация: В данной работе рассмотрена концепция создания транспортно-пересадочных узлов как основных элементов транспортной инфраструктуры, позволяющих использовать преимущества различных видов транспорта, обеспечивающих качественную и доступную услугу пассажирам, используя опыт создания и тенденции формирования транспортно-пересадочных узлов в России и за рубежом.

Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел, мультимодальные пассажирские перевозки, моделирование.

Введение

Важнейшим элементом транспортной инфраструктуры, обеспечивающим взаимодействие видов транспорта, осуществляющих пассажирские перевозки, являются транспортно-пересадочные узлы (ТПУ).

В настоящее время большинство сформированных ТПУ расположено в точках пересечения наложенных друг на друга транспортных сетей различных видов транспорта. Такое расположение часто не соответствует оптимальной системе их формирования исходя из потребности освоения корреспонденций пассажиропотоков взаимодействующих видов транспорта. Возникает необходимость развития транспортной инфраструктуры с учётом и на базе формирования современных транспортно-пересадочных узлов, составляющих в перспективе основу мультимодальных пассажирских перевозок.

1 Обзор литературы

Решение задач моделирования пассажиропотоков объектов транспортной инфраструктуры рассмотрены в работах: Доенина В.В. [1-2], Т.Ю. Константиновой [3], Сорокина А.А. [4], Б.И. Торопова [5], Д. Хелбинга [6-7], В.В. Холщевникова [8] и др.

ТПУ – сложная система, состоящая из дискретного множества элементов (пассажиров), перемещающихся в дискретном пространстве в дискретные моменты времени, и при этом каждый элемент (пассажир) может автономно, независимо от других принимать решение о том, что необходимо сделать на следующем шаге, исходя из анализа своего собственного поведения или состояния всей среды (ТПУ) в целом на данном шаге. Такая система не может быть смоделирована с помощью магнитной, газокинетической или других перечисленных выше моделей. Необходимы другие принципы, учитывающие, что в основе организации движения пассажиропотоков и перемещения пассажиров лежат логические зависимости. Этим принципам больше всех

соответствует транспортная модель, разработанная д.т.н., профессором В.В. Доениным и построенная на логико-разностных подходах [1-2].

2 Современные тенденции формирования ТПУ за рубежом

К основным мировым тенденциям развития ТПУ относят:

- создание современных многофункциональных ТПК, координирующих работу систем транспортных коридоров и обеспечивающих взаимодействие различных видов транспорта на всех его территориальных уровнях;
- интеграция железнодорожного транспорта с системой скоростного внеуличного транспорта (метрополитен, скоростной трамвай и т.д.) за счёт размещения вестибюлей метрополитена внутри ТПУ, сформированных на базе железнодорожных вокзалов;
- рост функциональности существующих ТПУ и обеспечение пассажиров не только необходимым комплексом транспортных услуг, но целым рядом сервисных, бизнес-услуг (Берлин, Сеул, Пекин, Кембридж);
- вовлечение ТПУ в проекты комплексного развития территорий города в зоне их влияния;
- увеличение доли частных операторов в управлении ТПК в европейских и азиатских странах;
- реконструкция и развитие ТПУ за рубежом обычно проходят в вертикальной и горизонтальной плоскостях и предполагают строительство многофункциональных транспортно-пересадочных комплексов; создание пешеходных галерей, соединяющих основные пункты тяготения пассажиропотоков, входящих в состав ТПУ; изменение параметров основных элементов ТПУ;
- оптимизация организации коммерческой деятельности за счёт правильной организации функционального пространства ТПУ.

3 История и перспективы формирования и развития ТПУ в России

Транспортная проблема крупных городов России остается одной из острейших. Современные крупные города развиваются столь стремительными темпами, что их транспортная инфраструктура не успевает развиваться и трансформироваться такими же темпами в соответствии с ростом количества жителей и рабочих мест, создающихся в городе и ближайших пригородах. Одним из способов решения этой проблемы является выработка рациональной структуры и технологии функционирования ТПУ.

Развитие транспортных систем, их адаптация к условиям рынка приводит к необходимости качественного изменения функций и структуры ТПУ, которая обусловлена двумя основными причинами:

- необходимостью предоставления пассажиру качественно нового уровня транспортных услуг, а также сервисных услуг различного профиля пассажиру и посетителю, с целью повышения конкурентоспособности массовых общественных видов пассажирского транспорта перед индивидуальным;
- исчерпанием в городах территориальных ресурсов для одноуровневого развития транспортных сетей и их инфраструктуры в целом, а также инфраструктуры ТПУ.

4 Моделирование пассажиропотоков транспортно-пересадочного узла

В процессе моделирования пассажиропотоков транспортно-пересадочного узла выделим шесть этапов со следующей последовательностью реализации:

- сбор исходных данных для имитационного моделирования (планировочные решения ТПУ, структура и размеры пассажиропотоков, число билетных касс, турникетных линий и т.д.);
- формализованное описание пассажиропотоков ТПУ, формируемых в моделируемом пространстве;
- построение имитационной модели для конкретного варианта планировочного решения ТПУ и конкретных размеров пассажиропотоков;
- проведение необходимого числа модельных испытаний на имитационной модели для обеспечения требуемой точности результатов моделирования;
- определение рациональных характеристик обслуживания пассажиропотоков;
- рационализация планировочных решений ТПУ.

Апробация разработанного подхода к моделированию пассажиропотоков, возникающих в пространстве транспортно-пересадочного узла, выполнена на примере ТПУ «Тимирязевская» Московского транспортного узла.

Для выбора рациональных параметров ТПУ в качестве регулируемых параметров использовались – число билетных касс и число турникетов, управляющее воздействие – изменение сочетаний числа

касс и турникетов. Критерий оценки – число пассажиров, совершивших пересадку за модельное время. Обязательное условие – отсутствие скоплений пассажиров в моделируемом пространстве.

Увеличение числа билетных касс и турникетов без изменения планировки не позволило развязать пассажиропотоки – маршруты перемещения и нахождения пассажиров, выстраивающихся в очередь к кассам, пересекаются с маршрутами перемещения и нахождения пассажиров, выстраивающихся в очередь к турникетам. Принимая это во внимание, произведена перепланировка ТПУ: изменено расположение билетных касс; перенесена зона расположения залов ожидания. Вариантом, обеспечивающим пересадку максимального числа пассажиров за модельное время, после перепланировки оказался вариант со следующими параметрами: число билетных касс – 3; число турникетов – 6.

Используя данный подход можно, изменяя внешние параметры ТПУ (размер пассажиропотока, расписание движения видов транспорта, взаимодействующих в ТПУ, скорость движения пассажиров и их размеры, время нахождения пассажиров в залах ожидания пригородного сообщения) выбирать рациональные внутренние параметр ТПУ.

5 Концепция формирования и развития ТПУ

В рамках Концепции формирования и развития мультимодальных ТПУ необходима проработка следующих ключевых вопросов:

- порядок определения границ ТПУ с учетом использования потенциала существующих проектно-планировочных решений;
- порядок определения состава ТПУ (по функциональным зонам, объектам и элементам) с учетом современных требований по обеспечению комфортных и безопасных условий при пересадке пассажиров на другие виды транспорта, а также прогнозируемого пассажиропотока;
- порядок определения оптимального размера и функционального состава коммерческих площадей для повышения инвестиционной привлекательности ТПУ;
- требования к благоустройству территорий ТПУ с учетом комплексных планов развития регионов их нахождения;
- формирование укрупненных технико-экономических показателей функционирования ТПУ, отражающих их эффективность;
- разработка методики выбора оптимального варианта формирования и развития транспортно-пересадочного узла;
- порядок обоснования инвестиций в создание ТПУ.

6 Формирование транспортно-пересадочных узлов московской агломерации

При формировании ТПУ Московской агломерации возможна планировка ТПУ в двух вариантах. Первый – предусматривает создание «плоскостного» ТПУ со следующими мероприятиями: строительство и реконструкция в ТПУ объектов транспортного назначения («перехватывающие» парковки, отстойно-разворотные площадки, пассажирские платформы и т.д.); накрытие посадочных перронов навесами, защищающими пассажиров от атмосферных осадков; упорядочение объектов мелкорозничной торговли в ТПУ; создание пространственно-функциональной взаимосвязи между отдельными элементами ТПУ и т.д. Второй подход подразумевает строительство многоуровневых ТПУ, обеспечивающих комфортные условия пересадки с одного вида транспорта на другой (например, железная дорога – метрополитен) или в пределах транспортной сети одного вида транспорта (например, с одного железнодорожного направления на другое).

Анализируя результаты выполненного исследования, можно рекомендовать для выбора параметров транспортно-пересадочных узлов использовать интеллектуальные системы моделирования пассажиропотоков, с помощью которых можно выполнять экспертизу предпроектных и проектных решений формирования и развития ТПУ.

Литература

1. *Доенин В.В.* Моделирование транспортных процессов и систем. – М.: Изд. «Компания Спутник +», 2012. – 288 с.
2. *Доенин В.В.* Логико-разностные модели транспортных процессов. – М.: Изд. «Компания Спутник +», 2008. – 276 с.
3. *Константинова Т.Ю.* Методы и средства оптимизации режимов работы устройств станций и узлов метрополитена: дисс. канд. технич. наук: 05.22.08 / Константинова Татьяна Юрьевна. – Санкт-Петербург, Петербургский государственный университет путей сообщения, 2006. – 177 с.
4. *Сорокин А.А.* Моделирование городских пассажирских перевозок: дисс. канд. экономических наук: 08.00.13 / Сорокин Анатолий Александрович. – Ставрополь, Ставропольский государственный университет, 2005. – 198 с.

5. *Торопов Б.И.* Развитие пассажирских комплексов на основе закономерностей формирования пассажиропотоков: дисс. канд. технических наук: 05.22.00 / Торопов Борис Иванович. – Киев, Киевский институт железнодорожного транспорта, 2000. – 154 с.
6. *Helbing D.* Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations, Pedestrian and Evacuation Dynamics Springer-Verlag / D. Helbing // New York, 2002. pp. 21-58.
7. *Helbing D.* Social force model for pedestrian dynamics / D. Helbing // Physical review E, May 1995.
8. *Холщевников В.В.* Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: дисс. д-ра. технических наук: 05.23.10 / Холщевников Валерий Васильевич. Москва, Московский инженерно-строительный институт, 1983. – 486 с.

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ СИНТЕЗА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ ГОРОДСКИХ МАГИСТРАЛЕЙ

Валуев А.М.[1], Соловьев А.А.[1,2]

[1]*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,*
Россия, г. Москва, ул. Бардина, д. 4
[2]*Московский физико-технический институт (государственный университет),*
Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9
aa.solovjev@yandex.ru,valuev.online@gmail.com

Аннотация: Рассматриваются два взаимосвязанных вопроса: 1) о всевозможных распределениях разрешенных траекторий прохождения перекрестка по фазам светофорного цикла и 2) о выборе продолжительности фаз для конкретной схемы пофазного разъезда в зависимости от интенсивности входящих потоков и их распределений по направлениям прохождения перекрестка. Предлагаются способы учета и компромисса между требованиями реализации транспортного спроса и безопасности.

Ключевые слова: регулируемый перекресток, безопасность участка дорожной сети, управление, оптимизация, схема пофазного разъезда, конфликтные точки, светофорный цикл.

Введение

Движение через регулируемые перекрестки имеют важнейшее значение и с точки зрения использования ресурсов городской дорожной сети (ГДС) в целом, и в отношении безопасности. Основные угрозы безопасности движения через перекресток заключаются в прохождении конфликтных (особых) точек разделения и слияния потоков, значительно реже — точек пересечения, которые почти всегда исключаются на каждой фазе светофорного цикла.

Без изменения дорожной разметки на перекрестке, т.е. при одном и том же наборе допустимых трасс прохождения перекрестка, возможно регулировать движение, добиваясь наиболее приемлемого компромисса между требованиями безопасности и эффективности. Двумя способами такого регулирования является структурный, состоящий в разделении трасс между фазами светофорного цикла и параметрический, состоящий в определении продолжительности каждой фазы. Последние должны определяться интенсивностями входящих потоков и их распределением по направлениям. Задача синтеза регулируемого перекрестка, как мы ее понимаем, как раз и представляет собой комбинацию двух этих задач — разделения трасс по направлениям (в других терминах, определения *схемы пофазного разъезда* [1, с. 5]) и определения параметров светофорного регулирования. Данная задача частично рассмотрена в ранее опубликованных работах [2, 3]. В настоящей публикации представлено развитие данного подхода.

1 Свойства регулируемого перекрестка, влияющие на его пропускную способность и безопасность

Перекресток характеризуется множеством направлений движения между входами (на стоп-линиях) и выходами, каждое из которых состоит в прохождении одной или нескольких дорожных полос в области перекрестка. Эти дорожные полосы соединяются или разветвляются на своих концах и могут пересекаться. Оси этих полос далее называются трассами; трассы являются достаточно гладкими регулярными ориентированными поверхностными кривыми. Точки пересечения, слияния или разветвления трасс называются далее особыми точками (ОТ) перекрестка; в литературе они называются также конфликтными точками. Выделяются особые точки трех типов — точки пересечения трасс (ОТП). точки их слияния (ОТС) и разделения (ОТР). Прохождение ОТ, в особенности ОТП и ОТС, составляет основную опасность. В статье [4] отмечается, в частности, повышенная аварийность некоторых перекрестков Тюмени, сопровождающаяся смертельными

случаями; ее авторы считают, что выявление и устранение причин такого положения составляет не только практическую, но и научную задачу. Кроме того, прохождение ОТП и ОТС отрицательно влияет на пропускную способность перекрестка, поскольку при конкуренции автотранспортных средств (АТС) за безопасное прохождение любой ОТП или ОТС одному из конкурирующих АТС необходимо снижать скорость.

Ключевое свойство регулируемых перекрестков состоит в разделении направлений по фазам светофорного цикла. В связи с этим на каждой фазе реализуется ограниченный набор направлений и при таком ограничении в качестве конфликтных точек остаются лишь те ОТ, которые связывают задействованные на фазе трассы. Как правило, при этом исключают ОТП — «просачивание» через них допускается лишь при низкой интенсивности движения [5] и далее рассматриваться не будет.

2 Задача и метод построения набора всевозможных безопасных схем пофазного разъезда при заданной системе трасс

С помощью настройки светофоров при имеющейся дорожной разметке можно организовать несколько схем пофазного разъезда и выбирать для конкретной (или, скорее, типовой) дорожной ситуации ту, которая обеспечивает (при надлежащем выборе длительности фаз) наиболее приемлемое сочетание обеспечиваемой интенсивности движения и его безопасности. Для последней должен использоваться формально определенный показатель, который может быть вычислен на основе расчетных характеристик ТП на отдельных трассах и при прохождении ОТ. Такой подход известен как суррогатная модель оценки безопасности (SSAM) [6, 7].

Для описания совокупности направлений движения на перекрестке естественным является графовое представление. Однако для построения алгоритма выявления всех безопасных схем пофазного разъезда достаточно использовать данные о наличии путей между входами и выходами и о взаимосвязях между отдельными путями, выражающихся в наличии у них общих вершин и их типах (ОТП, ОТР, ОТС). Исследование структуры реальных перекрестков, в т.ч. схем пересечений московских магистралей, позволяет исходить из следующего предположения: между любой парой «вход–выход» либо нет ни одного пути, либо только один. В силу этого предположения взаимное расположение двух путей: может быть одного из перечисленных типов: 1) если у путей различны и начальные, и конечные вершины, то они либо не имеют общих вершин, либо имеют одну вершину — ОТП; 2) если у путей общее начало, то имеется и общий начальный участок, заканчивающийся вершиной — ОТР (или вершиной — ОТР является их начальная вершина; 3) если у путей общая конечная вершина, то имеется и общий конечный участок, начинающийся вершиной — ОТС (или вершиной — ОТС является их конечная вершина этих путей). С помощью обычных вычислительных операций на графовой модели перекрестка выявляются сами пути между начальными и конечными вершинами и характеристика их взаимного расположения. Последняя для пары путей (P, Q) выражается показателем s_{PQ}, равным 0 при отсутствии общих вершин, а при их наличии — наибольшим из значений 1 (при наличии общей ОТР), 2 (при наличии общей ОТС) и 3 (при наличии общей ОТП).

Любая схема пофазного разъезда означает разделение путей между фазами (некоторые пути могут реализовываться и на нескольких фазах). При этом на каждой фазе реализуются либо все пути из определенной входной вершины, либо ни один из них, т.к. организация движения не допускает возможности объезда в очереди на входе. Поэтому для полного определения конкретной схемы пофазного разъезда достаточно разделить входные вершины между фазами, имея в виду, что отнесение вершины к фазе означает, что все начинающиеся в ней пути реализуются на этой фазе. Поэтому на основе показателя s_{PQ} вводится показатель S_{VW} взаимного расположения совокупностей путей, начинающихся в вершинах V и W. Показатель S_{VW} равен наибольшему из значений величины s_{PQ} для пар путей (P, Q), первый из которых начинается в вершине V, а второй — в вершине W.

Допустимость отнесения двух вершин к одной фазе означает, у совокупностей путей из первой и второй вершины нет общей вершины типа ОТП, а значит, $S_{VW}<3$. Задача определения некоторой схемы пофазного разъезда сводится к разделению множества входных вершин между фазами таким образом, что для любой пары вершин одной фазы $S_{VW}<3$. Задача определения совокупности допустимых схем пофазного разъезда состоит в определении всевозможных таких разбиений вершин по фазам. В более общей постановке находится не разбиение, а *покрытие* множества начальных вершин подмножествами, относящимися к отдельным фазам. В покрытии вершина может присутствовать более чем в одном множестве, т.е., в рассматриваемой задаче, некоторые пути через перекресток могут реализовываться более чем на одной фазе; это действительно случается. Задачу можно решить и прямым перебором; для довольно сложного перекрестка с 14 входами (по 3 или 4 на каждом входном направлении) общее количество подмножеств входных вершин равно 16384, но в

силу условия $S_{VW}<3$ количество N подмножеств, которые могут быть отнесены к одной фазе, будет существенно, по порядку величины, меньше. Для получения осмысленного решения нужно ограничить количество фаз величиной, не превышающей 4, что соответствует обычной практике организации светофорного регулирования. Тогда для определения всевозможных допустимых покрытий множества начальных вершин достаточно проверить N^4 комбинаций допустимых подмножеств, что возможно, но чрезвычайно трудоемко. Нами разработаны более эффективные алгоритмы перебора комбинаций множеств вершин, которые могут быть отнесены к одной фазе. В их основе лежит выделение нерасширяемых допустимых подмножеств, т.е. тех, которые при добавлении любой новой вершины теряют допустимость. Таких множеств будет гораздо меньше, а для их построения может быть использована схема общего алгоритма прохождения дерева в глубину.

3 Структурная и потоковая оптимизация светофорного цикла

Разработанный нами метод построения набора всевозможных безопасных схем пофазного разъезда позволяет выработать рекомендации по выбору структуры и параметров светофорного цикла. При этом могут использоваться как априорные оценки безопасности движения через перекресток, так и информация об интенсивности движения через конкретный перекресток — текущая и «историческая», т.е. обобщающая данные наблюдений за длительный период. Под синтезом регулируемого перекрестка здесь понимается использование таких рекомендаций для динамического адаптивного выбора структуры и параметров светофорного цикла для него.

Прохождение точек слияния трасс несет в себе большую опасность, чем прохождение ОТР, поскольку предполагает конкуренцию за порядок их прохождения между подъезжающими автомобилями, которая, при неправильном понимании водителем прав и возможностей — своих и конкурента — угрожает боковым столкновением. К тому же исключение ОТР возможно только радикальным способом, который здесь, по существу, не рассматривается,— полным запретом движения по одной из расходящихся трасс. Последняя возможность может использоваться редко, поскольку она дезориентирует водителей, постоянно проезжающих через данный перекресток. В то же время различие в количестве и расположении ОТС, реализуемых на фазах светофорного цикла, имеет место для разных схем пофазного разъезда.

При менее интенсивном движении, когда потоки по разным направлениям не достигают интенсивности насыщения, следует рекомендовать такое разделение направлений по фазам, которое минимизирует количество реализуемых при этом ОТС. Для сопоставления вариантов целесообразно использовать априорный показатель безопасности, предложенный в работе [8].

Для более интенсивного движения этого недостаточно, т.к. наиболее безопасные схемы могут не обеспечивать прохождение входных потоков. В этом случае должна решаться описанная в [2] задача максимизации показателя безопасности при условии обеспечения прохождения входящих потоков по всем направлениям прохождения перекрестка.

Литература

1. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2013. – 69 с.

2. *Валуев А.М., Соловьев А.А.* Оптимизация структуры и параметров светофорного цикла в целях повышения безопасности // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD’2018): труды Одиннадцатой междунар. конфер., 1–3 окт. 2018 г., Москва: в 3 т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Т. 2. – С. 143–148.

3. Вибрационные процессы, виброзащита в машиноведении. Отчет о НИР за 2018г. по теме 6-13 (промежуточный). Часть 2. Динамика мехатронных робототехнических комплексов, динамика транспортных потоков. /Перминов М.Д., Соловьёв В.О., Овчинников Н.М. и др. – М.: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 2018. – 126 с.

4. *Эртман С.А., Эртман Ю.А.* Надежность и обоснованность оценки опасности перекрестка, полученной в результате камерального анализа данных // Перспективы науки. 2015, № 10 (73). – С. 64–71.

5. *Живоглядов В.Г.* Теория движения транспортных и пешеходных потоков. Ростов н/Д: Известия вузов Сев.-Кавк. региона, 2005. – 1082 с.

6. *Gettman D., Head L.* Surrogate safety measures from traffic simulation models // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2003, № 1840. – P. 104–115.

7. *Vasconcelos L., Neto L., Seco Á., Silva, A.* Validation of the Surrogate Safety Assessment Model for Assessment of Intersection // Safety. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2014, № 2432. – P. 1–9.

8. *Соловьев А.А., Валуев А.М.* О структурной сложности и оценивании пропускной способности перекрестка // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2016): Материалы Девятой международной

конференции: в 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. М.: ИПУ РАН, 2016. – Том II.– С. 98–101.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КАК ДРАЙВЕР БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

Домнина О.Л., Цверов В.В., Лисин А.А., Чувилина О.В.

Волжский государственный университет водного транспорта,
Россия, г. Н.Новгород, ул. Нестерова д.5
o-domnina@yandex.ru, v.tsverov@yandex.ru

Аннотация: В статье оценивается перспектива развитие транспортной логистики в Российской Федерации в направлении применения цифровых технологий. На основе анализа состояния отечественной логистики и зарубежного опыта использования цифровых технологий проведены исследования по технологии форсайта, на основе которых получен прогноз развития этих технологий.

Ключевые слова: транспортная логистика, цифровизация, блокчейн, облачные технологии, интернет вещей, форсайт.

Введение

Всемирный банк один раз в два года в рейтинге Logistics Performance Index (LPI) анализирует эффективность развития логистики в различных странах мира следующим критериям: состояния инфраструктуры, эффективности работы таможенных органов, уровня организации международных перевозок, возможности отслеживания движения грузов, качества логистики и логистических компетенций, своевременности доставки. Россия в данном рейтинге 2018 года набрала 2,76 балла. Общий балл оценки эффективности логистики в России повысился, что позволило ей подняться по рейтингу с 99 места в 2016 году до 75 места в 2018 году [1].

Несмотря на имеющие положительные тенденции развития российской логистической отрасли, ее отставание от развитых стран говорит о присущих отрасли недостатках. Их анализу посвящены ряд работ [2, 3, 4, 5, 6]. Обобщим приведенные в них проблемы отечественной логистики.

Во-первых, это высокие логистические издержки. В среднем в развитых экономических странах, доля логистических издержек составляет порядка 12%, в то время как в России аналогичный показатель составляет около 19%. На данный момент комиссия за посреднические услуги при перевозках грузов в среднем составляет порядка 10 - 45% всей суммы заказа [2, 3].

Во-вторых, доля услуг 3PL-провайдеров в структуре рынка логистических услуг России находится на уровне 6%, в то время как в Евросоюзе и Китае это показатель составляет порядка 20% [2, 4, 5].

В-третьих, одним из недостатков российского логистического рынка является нерациональное использование временных и территориальных ресурсов. Это касается крупных портов, где на стыке железнодорожного и морских видов транспорта товары находятся сверх временной нормы, что приводит к увеличению времени доставки [2].

В-четвертых, проблемы транспортно-логистической отрасли связаны и с нестабильностью экономики из-за продления санкций, введенных странами Евросоюза и США против России, а также в связи с нестабильностью курса рубля к евро и доллару. Это сказывается на развитии инфраструктуры, уровень международных перевозок и стоимости услуг [2, 3].

В-пятых, логистика имеет дело с огромным документооборотом, который еще больше отягощает существующие проблемы (влияет на качество логистических услуг) [2, 3].

В-шестых, существенный износ транспортной инфраструктуры и транспортных средств (на транспорте износ основных фондов 56,5%, что больше, чем в среднем по экономике 48,1%) [5].

В-седьмых, недостаточное развитие системы отслеживания груза [2].

Указанные недостатки усугубляются стремительным развитием внедрения инновационных технологий в работу зарубежных компаний.

Одним из методов долгосрочного прогнозирования научно-технологического и социального развития, позволяющим организациям и государству принимать стратегические решения, является технология Форсайта (Foresight). Она предусматривает анализ основных факторов изменений, прогнозы развития, выполненные экспертами, анализ последствий изменений на конкретных предприятиях, проектах [3]. Эта технология, позволяющая снижать риски принимаемых решений. Воспользуемся данным методом для обобщения и анализа востребованных трендов развития в области логистики, а также конкретных задачах цифровизации в отрасли.

Результаты исследования

Желание достичь роста производительности и сокращения затрат в логистике приводит к развитию таких трендов, как интернет вещей, использованию блокчейн-технологий и другие [9].

Исследования показали, что основными трендами развития логистики является расширение применения следующих новых технологий:

- блокчейн - позволяет повышать прозрачность выполняемых операций, противодействовать мошенничеству, многократно сокращать время выполнения операций, снижать документооборот, повышать экономическую эффективность выполняемых операций;
- дополненная реальность - планирование логистики с помощью добавления виртуальных уровней информации, которое позволяет сотрудникам предоставлять необходимую информацию в нужное время и в нужном месте;
- Big Data – позволяют оптимизировать использования имеющихся мощностей, улучшать качество обслуживания клиентов при разработке новых бизнес-моделей;
- бионическое улучшение - помогают сотрудникам логистических и транспортных компаний в выполнении технологических операций в цепочках поставок (например, «бионические руки»);
- облачная логистика - расширяет возможность использования поставщиками логистических услуг доступа клиентов к определенной информации;
- интернет вещей- обеспечивает работу в режиме реального времени и без вмешательства человека;
- недорогая сенсорная техника – расширяющая возможность использования новых приложений для сканирования, мониторинга, проверки качества и контроля товара в цепочке поставок;
- робототехника и автоматизация - обеспечивают существенное повышение производительности труда, исключение ошибок, связанных с человеческим фактором, а также снижение затрат, экономия на оплате труда сотрудников;
- самоходные транспортные средства - повышают безопасность и эффективность;
- беспилотные летательные аппараты - обеспечивают сокращение сроков доставки, доставку товаров в труднодоступные и отдаленные места;
- 3D-печать - кардинально изменяет логистику за счет приближения производства к рынкам (минимизирует необходимость в доставке и потребность в хранении);
- омниканальные логистические решения - обеспечивают учет потребности каждого отдельного канала продаж;
- единичная партия товара – позволяет адаптироваться к индивидуальным требованиям клиентов во времени и месту;
- удобная логистика – позволяющей онлайн-покупателям пользоваться не только ценовым преимуществом покупки в интернете, но и доступностью и удобством 24 часа в сутки;
- многоцелевые сети – позволяют организовывать цепи поставок, объединяющие множество различных производственных предприятий и поставщиков;
- поставка по требованию **(**принцип «последней мили») - позволяет клиентам получать свои покупки тогда, когда они им нужны и где они им нужны;
- снижение нагрузки на цепь поставок - снижение сложности цепи поставок за счет использования правильного сочетания видов транспорта при более низких затратах и более высоком качестве;
- логистические торговые площадки - обеспечивают прозрачный, гибкий логистический сервис, соответствующий различным логистическим требованиям;
- прогнозируемая логистика - позволяет прогнозировать спрос до его возникновения, чтобы добиться уменьшения времени доставки и увеличения пропускной способности;
- справедливая и ответственная логистика – способствует предоставлению новых услуг, которые приносят доход, а также улучшают благосостояние общества и окружающей среды;
- повышение качества образования, ценность креативного мышления, техническая направленность образования, регулярное повышение квалификации сотрудников - способствуют повышению производительности труда, возможности работать над сложными задачами, принятию оптимальных управленческих решений.

Заключение

Большая часть новых трендов логистической отрасли невозможна без инноваций в развитие цифровых технологий в логистике. При этом использование современных цифровых технологий в логистике является целевым фактором повышения экономической конкурентоспособности страны.

Развитие описанных выше перспективных технологий может позволить значительно повысить эффективность большей части решаемых в рамках транспортной логистики задач (табл. 1).

Таблица 1. Направления применения цифровых технологий в транспортной логистике

Задачи	**Перспективные технологии, способствующие повышению эффективности выполнения задач**
Разработка маршрутов доставки. Обоснование цепи доставки. Выбор партнеров по звеньям цепи доставки. Выбор транспортных средств. Выбор арендодателя транспортных средств. Обоснование сроков и затрат по доставке	Облачные сервисы, электронное управление цепями поставок
Создание систем управления доставкой «точно в срок»	Технология Blockchain, 3D-печать, электронное управление цепями поставок, internet of things
Управление технологическим процессом в пункте отравления, в пути, в пунктах перевалки, в пункте назначения. Мониторинг и слежение за доставкой. Управление доставкой «от двери до двери» и «точно в срок»	Облачные сервисы, электронное управление цепями поставок, internet of things
Анализ выполнения обязательств исполнителями	Технология Blockchain
Информационно –документальное обеспечение	Облачные сервисы, электронное управление цепями поставок
Нормативное обеспечение	Облачные сервисы
Технологическое взаимодействие	Технология Blockchain, облачные сервисы, электронное управление цепями поставок, Big data
Финансовое взаимодействие	Технология Blockchain, облачные сервисы, электронное управление цепями поставок
Правовое обеспечение	Технология Blockchain, облачные сервисы
Создание сети терминально-логистических центров. Создание транспортных коридоров.	Big data, internet of things

При этом следует иметь в виду, что само по себе появления технологии не обеспечивает повышение эффективности транспортных процессов, а только предпосылки ее повышения. Требуется проведение большой научно-методической работы по разработке методов решения транспортных задач с учетом указанных в табл. 1 перспективных технологий. Эти научно-методические разработки должны быть привязаны к особенностям деятельности видов транспорта и регионов, что обуславливает необходимость привлечения для этой работы отраслевых институтов.

Таким образом, распространение цифровых технологий стимулирует компании транспортной отрасли анализировать свои рыночные возможности и изучать конкурентное окружение для определения потенциальных возможностей роста.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein

Литература

1. International LPI // https://lpi.worldbank.org/international/global.
2. *Домнина О.Л., Курманов А.В., Фомичев М.Н.* Концепция применения технологии блокчейн в транспортной логистике// Экономика и предпринимательство. 2018. №6(95). С.1156-1163.
3. *Дмитриев А.В.* Развитие цифровых информационных систем и технологий в транспортной логистике// В сборнике: Форсайт логистики: будущее логистики глазами молодых ученых сборник материалов международной форсайт-сессии. 2018. С.59-66.
4. *Берман Н.Д.* Цифровизация логистики: применение технологии "blockchain"/ International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 1-2. С.21-28.
5. Данные Росстата. Степень износа основных фондов// http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund/#.
6. Инновации в России – неисчерпаемый источник роста/ Центр по развитию инноваций McKinsey Innovation Practice, Июль 2018// https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Russia/Our%20Insights/Innovations%20in%20Russia/Innovations-in-Russia_web_lq-1.ashx.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ HYPERLOOP

Дудников Е.Е.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
e_dudnik@ipu.run,

Аннотация: Дается краткий анализ работ в области технологии Hyperloop, проводившихся в 2017-2018 гг. Показано, что эта область успешно развивается. Рассмотрены вопросы построение структур транспортных систем, позволяющих сохранить их высокие технические характеристики В частности, рассмотрены структуры с промежуточными остановками и разветвлениями.

Ключевые слова: технология Hyperloop, развитие технологии Hyperloop в 2017-2018 гг, структуры транспортных систем

Введение

Начало работ по развитию транспортных систем Hyperloop связывают с появлением в августе 2013 г доклада известного американского инженера, изобретателя и бизнесмена Илона Маска, посвященного описанию проекта новой сверхскоростной трубопроводной транспортной магистрали между двумя крупными американскими городами Лос-Анджелесом и Сан-Франциско [1]. Сам Маск первоначально не предполагал заниматься предложенным им проектом. По его инициативе в США были организованы две фирмы, не связанные с ним финансово, которые занялись развитием технологии Hyperloop путем разработки конкурентных проектов. Это фирма Hyperloop Transportation Technologies Inc. (HTT) и Hyperloop Technologies Inc., которая позже изменила свое название на Virgin Hyperloop One. Финансирование этих фирм осуществлялось за счет частных финансовых фондов. Позже к ним присоединилась известная в области космических разработок фирма SpaceX, принадлежащая Илону Маску, со своей собственной программой в области Hyperloop.

Развитие работ этих трех фирм за последние два года будем рассматривать по трем следующим направлениям [2,3] :

- построение испытательных трасс небольшой протяженности для проведения экспериментов с элементами транспортной системы;
- разработка вариантов капсулы системы, проверка скоростных параметров вариантов;
- выбор места и маршрута внедряемой транспортной линии, подготовка строительства.

Компания HTT подписала договор с правительством Франции о создании в Тулузе (Франция) совместного научно-исследовательского центра по проблемам Hyperloop. В начале 2018 года было объявлено, что первой задачей нового центра будет строительство двух экспериментальных трасс, одна длинной 320 метров предназначена для испытания грузовых капсул, а другая длинной 1000 метров для пассажирских капсул. В начале 2019 года HTT объявила о завершении строительства короткой трассы в 320 метров и переходу к экспериментам на этой трассе.

Компания HTT заказала разработку экспериментальной капсулы известному испанскому производителю авиационных фюзеляжей Carbures. Весной 2019 года испанцы продемонстрировали вариант готовой пассажирской капсулы, похожий на капсулу, рассмотренную в исходном докладе Маска 2013 года.

Компания HTT имеет предварительные соглашения с рядом заказчиков в Центральной Европе и в Азии на разработку проектов пассажирских магистралей Hyperloop. Но наиболее реальными для внедрения считается два проекта. Это трасса длиной 10 км между аэропортом Аль-Мактум и местом проведения выставки Экспо-2020 в Дубае **(**Объединенные Арабские Эмираты - ОАЭ) и похожая трасса между городом Тунжань (Китай**)** и местным аэропортом. Для реализации последнего проекта HTT учредила совместное предприятие с муниципалитетом китайского города.

Компания Virgin Hyperloop One в апреле 2017 года завершила строительство своей экспериментальной трассы длинной 500 метров и диаметром трубы в 3,3 метра. В трубе поддерживается давление в 100 Паскалей. Трасса расположена в пустыне Невада рядом с городом Лас-Вегас (США) и получила название DevLoop. Через месяц на трассе начались испытания капсулы, разработанной компанией.

В декабре 2017 года капсула разогналась до скорости 387 км/час, которая оказалась рекордной для этой трассы. Эксперты отметили, что можно было бы достигнуть существенно большей скорости, если бы трасса была длинной 2000 метров.

В мае 2018 года компания объявила о том, что создала совместное предприятие с третьим по величине в мире портовым оператором DP World, которое будет называться DP World Cargospeed. Цель предприятия - применить технологию Hyperloop для построения грузовых транспортных систем морских портов, прежде всего, морского порта Джебель-Али в эмирате Дубай (ОАЭ).

Если подобные системы окажутся эффективными, DP World готова внедрить их на большинстве из своих 77 грузовых терминалов, расположенных в более чем 40 странах мира. Разработка этой задачи стала особо реальной в связи с тем, что после ряда преобразований в руководстве компания Virgin Hyperloop One президентом компании стал президент DP World Султан Ахмед бен Сулайем.

Компания SpaceX объявила о начале строительства своей испытательной трассы в начале сентября 2016 года . Формально строительство трассы было связано с международным конкурсом на дизайн пассажирской капсулы, объявленном SpaceX летом 2016 года. В конкурсе, названном Hyperloop pod competition, предполагалось участие студенческих команд ведущих технических университетов мира со своими моделями капсул Hyperloop с последующим испытанием этих капсул в гонке на экспериментальной трассе компании. Первые два этапа конкурса прошли в первой половине 2016 года. В результате были отобраны 22 команды для последующего участия в соревнованиях. Победителем второго этапа стала команда Массачусетского технологического института из города Бостон (США). Финал соревнования должен был состояться в августе того же года, но его из-за строительства трассы перенесли на следующий год.

Финал прошел в августе 2017 года на новой трассе длинной 1500 метров с диаметром трубы в 1,8 метра. Первое место в финале завоевала команда Мюнхенского технического университета из Германии. Их капсула показала скорость в 327 км/час. Но эта величина не оказалась рекордом. Позже Маск показал капсулу, совместно разработанную специалистами компаний SpaceX и Tesla. Эта капсула установила рекордную скорость 355 км/час.

В июле 2018 года прошли новые соревнования, снова выиграла команда Мюнхенского технического университета, но уже с абсолютно рекордным временем в 457 км/час.

В 2017 году Илон Маск организовал новую компанию Boring Company для разработки новых технологий строительства подземных туннелей. Этот интерес к туннелям прямо связан с Hyperloop магистралями. Прокладывание Hyperloop магистралей в условиях городской застройки связано с громадными затратами и неэффективными маршрутными решениями. Использование подземного туннеля позволяет достаточно свободно выбирать маршрут магистрали, в частности, обеспечить его прямолинейность, а это позволяет достигнуть высоких скоростных характеристик на всех отрезках дороги.

К сожалению, в настоящее время использование существующих туннельных технологий связано с большими дополнительными материальными затратами и большими сроками выполнения строительных работ. Поэтому перед новой компанией Boring Company Маск поставил амбициозную задачу: в короткие сроки разработать такую технологию прокладки подземных туннелей, которая обеспечивала бы десятикратное увеличение производительности работ и десятикратное уменьшения стоимости строительства по сравнению с существующими методами.

Известно, что компания Boring Company в 2019 году заканчивает строительство туннеля Hyperloop, связывающего центр города Лос-Анжелес с международным аэропортом. Время в пути для пассажиров аэропорта составит 8 минут. В настоящее время Маск строит туннель протяженностью 10,3 мили (16,6 км), соединяющий пригород города Балтимора с местечком Ганновер в штате Мериленд. Возможно, что этот туннель будет частью подземной магистрали Hyperloop между Вашингтоном и Нью-Йорком.

Мы кратко рассмотрели результаты деятельности ведущих фирм в области Hyperloop технологии в 2017-2018. приведенный материал показывает, что данная отрасль быстро и активно развивается и является актуальной для новых научных разработок.

1 Структурные исследования

В настоящее время в большинстве проектах пассажирских сетей Hyperloop присутствуют простейшие структуры: магистрали, соединяющие две станции без промежуточных остановок и разветвлений. Примером может служить магистраль между городами Лос-Анджелесом и Сан-Франциско [1]. Протяженность магистрали составляет 561 км. Каждые пять минут с конечных станций отправляются капсулы. Согласно расчетам пассажирская капсула должна проходить это расстояние за 2134 сек (35 мин). За это время капсула на разгон до предельной скорости 1220 км/час тратит 435 сек (7,25 мин), а на торможение до полной остановки 616 сек (10,27 мин). Остальное время она двигается с максимальной скоростью. Капсула могла разогнаться и затем затормозить за гораздо меньшее время, если бы не ограничение на величину ускорения капсулы, связанное с

человеческим фактором. Величина ускорения не может превышать половину величины ускорения свободного падения g (g = 9, 81 м/сек^2), т.е. 4,9 м/сек^2 . Известно, что нормальный человек легко переносит ускорение величиной ½ g, поэтому данное ограничение обеспечивает условие комфортности перевозки пассажиров. Кроме этого, на время разгона и торможения капсулы оказывает влияние рельеф местности, где проходит трасса магистрали.

Процесс разгона и торможения вместе в нашем примере занимает 1051 сек (17,52 мин), что составляет половину общего времени, затрачиваемого капсулой на прохождение всего маршрута. Это достаточно много.

Рассмотрим теперь более сложную структуру магистрали. Предположим, что между двумя конечными точками магистрали нам необходимо в определенном месте ввести дополнительную остановку. Представим себе обычную транспортную схему. Капсула начинает движение из начальной точки, разгоняется, движется с максимальной скоростью, затем в определенный момент начинает тормозить с тем, чтобы остановиться на промежуточной остановке. Допустим, что стоянка длится 5 минут. Затем капсула начинает движение, опять разгоняется до максимальной скорости, движется с этой скоростью и в нужный момент начинает тормозить и останавливается в конечной точке маршрута. Время прохождения всего маршрута увеличивается на суммарное время торможения, разгона и стоянки капсулы на новой остановке. Времена торможения и разгона для разных точек маршрута отличаются друг от друга и зависят от скорости капсулы в данной точке и рельефа маршрута на линиях разгона и торможения. Как мы показали на примере магистрали между Лос-Анджелесом и Сан-Франциско, время разгона и торможения капсулы может быть достаточно большим, поэтому дополнительное время, связанное с обслуживанием новой остановки, может быть также большим. В результате падает качество транспортной системы, т.к. возрастает величина одного из важнейших показателей системы - времени прохождения капсулой всего маршрута.

Для исправления этого недостатка предлагается внести изменения в структуру системы. Назовем основные линии движения капсул по маршруту главными линиями. Их две - одна в прямом направлении, другая – в обратном. Рассмотрим капсулу, которая движется в прямом направлении по главной линии и должна остановиться на промежуточной станции. Введем дополнительную линию, которая начинается в точке начала торможения капсулы и идет вдоль главной линии до остановки. В начале торможения капсула переходит на эту линию, освобождая главную линию для прохода капсул, которые не останавливаются. Капсула тормозит на этой дополнительной линии и останавливается. Если после остановки ей надо продолжить движение по прямой главной линии, она использует продолжение дополнительной линии вдоль главной линии для разгона и, достигнув нужной скорости, переходит на главную линию, встраиваясь в поток капсул, двигающихся без остановки в прямом направлении. Аналогичная дополнительная линия строится вдоль обратной главной линии. Если капсуле не нужно двигаться после остановки в прямом направлении, то её переводят на дополнительную линию вдоль обратного направления, загружают пассажирами, и она разгоняется по этой линии в обратном направлении. При данной структуре обеспечивается возможность для отдельных капсул осуществить остановку на промежуточной станции, не мешая другим капсулам пройти весь маршрут без остановки.

В докладе также рассматривается похожий подход для случая разветвления главных линий.

Литература

1. *Hyperioop Alpha* (pdf). SpaceX (12 August 2013). — Первая концепция системы, предложенная Илоном Маском 12 августа 2013.
2. *Dudnikov E.E.* Advantages of a new Hyperloop transport technology/ Proceedings of the 10th International Conference “Management of Large=Scale System Development” (MLSD), M.: IEEE, 2017.C
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Hyperloop

СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССА РЕАЛИЗАЦИИ МЕГАПРОЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ПРИРОДЫ (НА ПРИМЕРЕ ТКМ ЧЕРЕЗ БЕРИНГОВ ПРОЛИВ)[81]

Есикова Т.Н., Вахрушева С.В., Шаталов Д.А.

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Россия, г. Новосибирск, улица Пирогова, 1

T.N.Yesikova@gmail.com, s.vakhr@gmail.com, shatal1@yandex.ru

Аннотация: Процесс реализации транспортных мегапроектов сопряжен с многочисленными рисками, порождаемых разнонаправленными интересами экономических агентов, их весом в принятия решений. Разработка мультиагентной системы (с детализацией процессов принятия решений) позволяет заблаговременно вскрыть эти риски. Объектом исследования выбран проект ТКМ через Берингов пролив.

Ключевые слова: мультиагентные системы (МАС), агенты, окружающая среда, поддержка принятия решений, информационное пространство, мегапроекты, трансконтинентальная магистраль.

Введение

Существует довольно развитый инструментарий, который плодотворно используется для решения многочисленных транспортных задач. Нам представляется, что многие актуальные вопросы, связанные с выявлением и анализом рисков, заложенных в крупномасштабных транспортных мегапроектах не могут быть разрешены имеющими модельными и инструментальными средствами. Во-первых, за транспортными мегапроектами традиционно стоит довольно большой сонм экономических, хозяйственных и политических агентов, каждый из которых преследует собственные цели и интересы. Эти интересы не всегда совпадают с официально озвученными, и могут даже противоречить интересам акторов, которые являются основными инвесторами этих проектов. Во-вторых, транспортные мегапроекты априори воспринимаются как палочка-выручалочка для выхода из кризиса, для подъема экономики страны. Требует дополнительного анализа проектов через призму интересов хозяйствующих субъектов, являющихся субподрячиками, поставщиками и т.п. при выполнении работ. В-третьих, официально озвучиваемые цели транспортного мегапроекта составляют далеко не все цели и задач, реально поставленные в его рамках. Ожидания населения, как основного потенциального выгодополучателя, могут и не реализоваться.

Для опережающего анализа транспортных мегапроектов (с разнообразными типами активно функционирующих агентов-участников, с перекрещивающимися и конфликтными целями, интересами, полномочиями) представляется продуктивным использование аппарата мультиагентного моделирования [1-7].

1 Некоторые аспекты разработки мультиагентной системы

Схема разработки мультиагентной системы процесса реализации мегапроектов транспортной природы принципиально не отличает от общеупотребимой:

- анализ проекта строительства трансконтинентальной магистрали и формирования его логико-структурной и организационной схемы, поиск и изучение альтернативных предложений;
- анализ процедур принятия решений на каждом этапе структурной и организационной схемы с позиции выявления узких мести;
- выявление и оценка места и степени, влиятельности экономических, хозяйственных и управленческих акторов, сопряженных как с ходом реализации проекта, так и с обеспечением поддержки информационной, законодательной, делопроизводческой и т.п.;
- на базе проведенного анализа провести первичное формирование агрегированных типов агентов и для каждого типа агентов прописать спецификацию свойств и атрибутов;
- прописать логические схемы ваимодействия агентов друг с другом на тех или иных стадия реализации транспортного мегапроекта;
- на базе анализа процессов принятия решения выявить основные компоненты окружающей среды, которые оказывают значимое влияние на процесс принятия решений всеми участниками транспортного мегапроекта;
- формирование правил поведения агентов, их атрибутов при взаимодействие как с окружающей средой, так и друг с другом и т.д.

В настоящее время разработанный следующий прототип мультиагентной модели:

81

(1) $\mathrm{M} = (V_т, E_m, P_l, R_s I_k, \mathrm{A}_j),$

(2) $E \subset V \times V,$

(3) $I_k = I_field_p \cup I_flow_q,$

(4) $P \subset V \times I,$

(5) $R \subset I \times V,.$

(6) $A \subset I \times V.$

V – множество различных групп агентов, в которое входит два подмножества групп агентов: V_1 и V_2. Первое подмножество агентов (V_1) включает в себя классические экономические агенты, такие как агенты-лоббисты, организации-лоббисты проекта, руководители территориальных структур, администрация проекта сооружения магистрали, инвесторы и др. Второе подмножество агентов (V_2.) это группа агентов информационного сопровождения проектов. Например, агенты, обеспечивающие обновление информационного сегмента окружающей среды; агенты-интерпретаторы. Между агентов разных групп взаимодействия осуществляются в обе стороны. Концепция «многие-ко-многим» лучшим образом отражает суть процессов, которые свойственны реальным условиям. Технически взаимодействие агентов (агента с окружающей среду, друг с другом) осуществляется через передачу потоков сообщений.

E – множество видов отношений между агентами (например, итерации по согласованию проектов; проведение тендеров и т.п.). I_k – множество компонентов среды функционирования агентов (средства массовой информации и др.), P – множество взаимосвязей агентов и внешней среды их функционирования (восприятие агентами преобразований среды, формирование изменений в информационных потоках). R – множество взаимосвязей среды и агентов (оповещение агентов информационной средой о каком-либо событии, изменение атрибутов агентов и т.д.), A – множество взаимосвязей окружающей среды и агентов (эмоциональная реакция агентов при принятии решении в изменивших условиях окружающей среды).

2 Построение концептуальной модели информационного пространства, как элемента окружающей среды

Для корректного моделирования в мультиагентных системах экономической природы больше значение имеет выбранная концептуальная модель окружающей среды.

Окружающая среда для разрабатываемой модели поведение включает несколько подпространств а) информационное подпространство, формируемое различными внешними источниками (средствами массовой информации, информационными потоками интернет-пространства, социальными сетями и т.п.); б) нормативно-законодательное подпространство; в) исторический опыт (память социума) реализации проектов того или иного типа и др., г) объявления о тендерах, д) информационное подпространство для генерации эмоциональных оценки по разным социальным и институциональным срезам (отклики и предпочтения) и т.п.

В базе данных, стоящей за окружающей средой, выделяются два подпространства с разными уровнями доступа агентов. Сегмент базы данных (информационные поля I_field⟧ _p), предназначенный для хранения информации общего плана (природно-климатические данные, справочники, нормативно-строительная документация, откликов и предпочтений и др.), остается практически неизменным. Расширение информации в этом сегменте возможно только агентом-распорядителем базы данных по запросам ограниченной группы агентов (агенты-лоббисты, организации-лоббисты и некоторые другие).

Динамические изменения окружающей среды отслеживаются через информационные потоки I_flow_q (специальный сегмент базы данных), содержимое которых формируется и изменяется агентами специализированных групп по мере накопления изменений (контенты средств-массовой информации, сопряженных с мегапроектами; отклики и предпочтения разных профессиональных группах, членов социальных сетей и т.д.).

При этом каждая группа агентов имеет собственную модель восприятия окружающего среды, которую выстраивает сам агент на базе информации, получаемой через свои рецепторы из внешней среды. Восприятие этого информационного потока, его оценка и предпринимаемые ответные действия зависят от группы, к которой принадлежит агент. Для этого используется алгоритм оценки тональности текста [8], основанный на словарях узкоспециализированной базы данных «Отклики и предпочтения» в комбинации с правилами, отвечающих той или иной группе агентов.

Апробация предлагаемых алгоритмов проводилась на текстах, предварительно размеченных экспертом. Оценка корректности работы алгоритмов, вычислялась по следующей формуле

(7) $P^{\sim} = \frac{C}{T}.$, где

С – количество публикаций, по которым тональность определена правильно, а Т – общее количество публикаций. В результате проверки работы на экспериментальном массиве публикациях, корректная оценка тональности статьи наблюдалась в 71% случаев.

Предвосприятие происходящих событий является одной из компонент, влияющих на принятия решений. В частности, агенты-лоббисты, ориентируясь на эмоциональную оценку информационных потоков, могут принять решения о вбрасывания в информационные потоки статей, докладов и других источников для преобразования окружающей среды в желательном для них направлении. Тем самым опосредовано воздействуя на сам процесс принятия решений.

Проведенные эксперты показали, что предлагаемая структура подпространств окружающей среды мультиагентной модели процесса реализации мегапроектов транспортной природы позволяет корректно моделировать процесс принятия решений агентами соответствующей группы и что, окружающей среда является значимым элементом модели.

В перспективе стоит задача уточнения агентной модели: не только за счет состава агентов, но и алгоритмов взаимодействия агентов, как внутри группы, так и между группами. Возможно дальнейшее развития топологии модели, а также модернизация информационной среды, в рамках которой функционируют агенты. Для организации Кроме того, корректного взаимодействия агентов и общего для них информационного пространства представляется необходимой разработка коммуникационных протоколов.

Литература

1. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте. [Электронный ресурс]: URL: http://www.raai.org/library/ainews/1998/2/tarasov.zip

2. Хорошевский В.Ф. Поведение интеллектуальных агентов: модели и методы реализации // В сб. трудов 4-го международного семинара по прикладной семиотике, семиотическому и интеллектуальному управлению ASC/IC'99. Москва, 1999.

3. Скобелев П.О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений // Автометрия. – 2002. – № 6. – с. 45-61

4. Маслобоев А.В. Механизмы взаимодействия и координации агентов в открытой мультиагентной системе информационной поддержки региональных инновационных структур. Теория и практика системной динамики: Труды II-ой Всерос. науч. конф., Апатиты, КНЦ РАН, 2007

5. G. Rzhevsky. Multi-agent systems in logistics and e-commerce, [Электронный ресурс]: URL: https://blog.iteam.ru/multiagentnye-sistemy-v-logistike-i-e-kommertsii/#i-5.

6. Rolf CR., Kuchcinski, K. «Distributed constraint programming with agents», in Proceedings of the second international conference on Adaptive and intelligent systems, Springer-Verlag, Berlin. – 2011. – P. 320–331.

7. Frank Didik. Proposal for a Trans Global Highway. // [Электронный ресурс] URL: http://www.transglobalhighway.com/.

8. Lande D.V., Snarskii A.A., Yagunova E.V., Pronoza E.V. The Use of Horizontal Visibility Graphs to Identify the Words that Define the Informational Structure of a Text // 12th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, 2013. – P. 209-215.

ТРАНСПОРТНАЯ ОТРАСЛЬ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПЛАНАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Зубков С.А., Евлаев А.Н.

Кафедра «Политология, история и социальные технологии» Российского университета транспорта (МИИТ), Россия, г. Москва, ул. ОБРАЗЦОВА, д. 9, стр. 2, ГУК-8

evlaev@ya.ru

Аннотация: В работе проанализирован процесс разработки проекта «Цифровой транспорт и логистика» как направления правительственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», который создан Министерством транспорта РФ. Определена роль в реализации этого проекта государственной корпорации ОАО «РЖД», которая выражается в работе по переводу компании на российский софт.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровизация транспорта, проект «Цифровой транспорт и логистика», Министерство транспорта РФ, ОАО «РЖД».

На современном этапе в экономической стратегии российского государства определен курс на формирование цифровой экономики. Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. №1632-р. утверждена Программа «Цифровая экономика Российской Федерации».[1] В процессе ее реализации созревают планы цифровизации транспорта, принципиальные идеи для разработки которого были высказаны Президентом РФ В.В. Путиным на Съезде транспортников России, проходившем в марте 2018 г. в Москве. По его словам в процессе цифровизации отечественного транспорта необходимо «…. задействовать новые технологические возможности для роста эффективности отрасли, снижения затрат перевозчиков и владельцев грузов, для повышения удобства и комфорта пассажиров. В том числе речь идёт об использовании конкурентоспособного отечественного программного обеспечения». [2]

Важным шагом в подготовке планов цифровизации транспортной отрасли стала разработка проекта «Цифровой транспорт и логистика», который создан Минтрансом РФ совместно с Министерством цифрового развития и Аналитическим центром при Правительстве РФ в рамках государственной программы по развитию транспорта. Среди направлений цифровой трансформации транспорта в проекте выделяется оптимизация мультимодальных грузовых перевозок, создание платформенных решений для выполнения бесшовных перевозок, быстрое и качественное оформление грузов, в том числе в трансграничном сообщении.

В процессе разработки проекта «Цифровой транспорт и логистика» проведен ряд мероприятий, включавших в себя:

- выдвижение инициатив представителями бизнес-сообщества транспортной отрасли во время проведения деловых форумов и конференций;
- формирование экспертной группы для подготовки нового направления в рамках программы «Цифровая экономика России».

После широкого обсуждения в рамках отраслевых мероприятий проект «Цифровой транспорт и логистика» в феврале 2018 г. был направлен в Совет при АНО «Цифровая экономика», который рекомендовал включить его в одноименную программу в качестве самостоятельного направления. После чего проект рассматривался в подкомиссии по цифровой экономике, возглавляемой первым заместителем руководителя аппарата правительства России Максимом Акимовым. [3]

Ведомственный проект «Цифровой транспорт и логистика» обсуждался 23 ноября 2018 г. на правительственном совещании, посвященном цифровой трансформации транспортного комплекса. По словам премьер-министра Д.Медведева, который поддержал проект, его основная цель - « … сформировать в России единое цифровое транспортное пространство, сделать пассажирские и грузовые перевозки более безопасными, удобными, доступными для людей и бизнеса, снизить издержки, расширить экспортные и транзитные возможности». [4]

Цифровизация транспорта России должна выполняться совместной работой госрегуляторов и государственных корпораций, что определяется указаниями правительства о реализации программы формирования цифровой экономики в нашей стране. К таким корпорациям, в частности, относится ОАО «РЖД» - компания со 100% государственным участием, которая активно включилась в разработку и реализацию проекта «Цифровой транспорт и логистика». РЖД совместно с оператором системы взимания платы с грузового транспорта «Платон» «РТ-Инвест Транспортные системы» и ФГУП «ЗащитаИнфоТранс» подали заявку о включении данного проекта в программу «Цифровая экономика» .

Одно из направлений развития цифровизации в РЖД – это отказ от использования программного обеспечения зарубежных разработчиков. Данный вопрос поднял в своей речи на пленарном заседании III Железнодорожного съезда 29 ноября 2017 года Президент РФ. По итогам выступления В.В. Путин дал поручение правительству РФ совместно с РЖД обеспечить разработку и утверждение плана мероприятий, направленного на преимущественное использование РЖД отечественного программного обеспечения (ПО). [5]

Во исполнение президентского поручения в РЖД разработали план мероприятий на период 2018-2024 гг., в соответствии с которым в 2020 г. РЖД намерена перейти на 100% применение российских методологий и алгоритмов, увеличить долю российского ПО до 80%, долю российской аппаратуры до 60%. В системах навигации и связи российский софт к тому будет занимать уже 90%.[6]

Работа по переводу РЖД на российский софт ведется совместно с Минтрансом и Центром компетенций по импортозамещению ИКТ. В ее рамках были проанализированы направления импортозамещения ПО в РЖД на предмет критичности для обеспечения техпроцессов, определены основные направления мероприятий по импортозамещению. Также ведется исследование возможностей российских разработчиков ПО на предмет наличия у них программных продуктов для РЖД.

В мае 2018 года в РЖД был создан проектный офис по переходу на использование отечественного программного обеспечения, включенного в реестр Минкомсвязи. В его рамках были сформированы рабочие экспертные группы, которые провели анализ критически важных систем, эксплуатируемых РЖД, в сравнении с существующим на рынке отечественным ПО, включённым в реестр.

Специалисты компании организовали взаимодействие с отечественными разработчиками и поставщиками ПО для создания в интересах РЖД информационных систем, не уступающих лучшим зарубежным аналогам по функциональности, надежности, масштабируемости и безопасности. К их числу относится компания «1С», с которой РЖД подписала соглашение о сотрудничестве. Оно направлено на разработку и внедрения решений на платформе «1С:Предприятие» в РЖД. С помощью этих решений компания планирует реализовать двухуровневую стратегию в области планирования ресурсов предприятия . Она предусматривает использование ПО немецкой компании SAP SE на крупных предприятиях со сложными процессами, а «1С» - на небольших предприятиях с типовыми процессами.

Литература

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. №1632-р. -http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf .
2. *Владимир Путин* выступил на пленарном заседании Съезда транспортников России. 5 марта 2018 года. http://kremlin.ru/events/president/news/56979.
3. Программу «Цифровая экономика» ожидают 5 новых направлений. http://d-russia.ru/, 13.03.2018
4. О цифровой трансформации транспортного комплекса. 23 ноября 2018. http://m.government.ru/all/34821/
5. *Владимир Путин* выступил на пленарном заседании III Железнодорожного съезда, организованного ОАО «РЖД» и отраслевым профессиональным союзом. 29 ноября 2017 года . http://kremlin.ru/events/president/news/56240
6. Информационные технологии в РЖД. http://www.tadviser.ru/index.php/.

НОВЫЙ ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ: ПЛАНИРОВАНИЕ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Исмаилов Ж.И.[1], Кононов Д.А.[1,2]

[1]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
[2]Российский государственный гуманитарный университет,
ktzrf2015@yandex.ru, dmitrykon52@gmail.com

Аннотация. Рассмотрено текущее состояние и проблемы формирования контейнерных поездов по маршруту и транспортно-логистических центров для «Нового шелкового пути». Предложены принципы формирования поездов на железнодорожном транспорте стран, формирующих грузопотоки. Предложены перспективные модели и методы, позволяющие осуществлять непрерывный поток контейнерных перевозок в международном сообщении в условиях неопределенности в целях повышения эффективности управления.

Ключевые слова: новый шелковый путь, железнодорожный транспорт, контейнерные перевозки, логистика, оптимизация, неопределенность, эффективное управление.

Введение

Предлагаемая работа является продолжением исследований, начатых в [1,2].

На фоне быстрого развития IT-технологии и интернет-продаж в последнее время, в целях сокращения времени поставки, наблюдается резкий рост контейнеризации грузов на железнодорожном транспорте.

Уровень контейнеризации грузов в мире составляет в среднем 50-60% от общего объема перевозок сухих грузов, а в ряде европейских портов контейнеризация превышает 90%. Контейнерные грузы весьма привлекательны для железных дорог, так как они относятся к грузам II тарифного класса наравне с нефтью и зерном, поэтому продолжается дальнейшее контейнеризация грузопотоков – коэффициент контейнеризации 2017 году вырос почти на 17%.

Железнодорожный транспорт постоянно увеличивает скорость доставки грузов по «Новому Шелковому Пути», в том числе контейнерных отправок, а также оптимизирует процесс работы станций и контейнерных терминалов так как, определённое отставание динамики объёмов терминальной переработки транспортно-логистических центров от темпов роста рынка контейнерных перевозок не соответствует опережающим темпам роста экспортных и транзитных перевозок. Количество контейнерных поездов, прошедших по сети маршрутов, связывающих Китай и Европу, превысило в прошлом году 3,27 тыс. рейсов. Рост количества рейсов за прошлый год составило 52% от совокупного трафика за весь период с начала запуска сервиса в 2011 году (6,24 тыс. рейсов). В ближайшей перспективе планируется отправить не менее 5 тыс. контейнерных поездов в год между РФ и Китаем.

С появлением множества операторов грузовых вагонов возникла необходимость обеспечить новую технологию перевозочного процесса, которая учитывает особенности транзита контейнерных перевозок. В условиях роста объёмов перевозок можно отметить дальнейшее увеличение порожних пробегов вагонов, оборота вагона, минимизацию сдвоенных операций, как следствие, перевозчик, грузоотправители и операторы несут дополнительные расходы.

Нормативное регулирование, а также избыточность парка подвижного состава сегодня создают наибольшие проблемы. Оперативное решение вопросов обеспечивало бы повышение эффективности управления вагонным парком в условиях множественности операторов подвижного состава и ограниченных пропускных способностей инфраструктуры [3].

Основными причинами, вызывающими снижение качества перевозочного процесса, стало изменение внешних факторов и условий работы сети железных дорог, которые не соответствуют ее инфраструктурным возможностям. К таким причинам можно отнести:

- увеличение численности вагонного парка, непропорциональное возможностям станций сети ОАО «РЖД» по размещению вагонов,
- простаивающих в ожидании выполнения грузовых операций, нарушение баланса между вагонным парком и емкостью станционных путей инфраструктуры;
- нарушение технологических принципов планирования и выполнения перевозок, в том числе порожних вагонов с переходом к стихийному предъявлению грузов и порожних вагонов к перевозкам вне зависимости от состояния инфраструктуры и ее заполнению вагонным парком;
- географическое изменение структуры грузопотоков, увеличение их в морские порты, что существенно увеличило уровень загрузки пропускной способности участков и станций, снижение качественных показателей перевозочного процесса.

При этом инфраструктурные условия работы сети, определяющие качество перевозочного процесса, а именно эксплуатационная длина, количество сортировочных станций, число и длина путей изменились незначительно.

Расширенная модель транспортной системы в условиях неопределенности

Основу системного исследования комплекса указанных задач составляет расширенная модель транспортной задачи, учитывающая следующие основные компоненты:

- критерий эффективности управления,
- парка грузоподъемности вагонов,
- предельных объемов грузоотправлений,
- предельных объемов грузополучений.

Положим

$$(1)\quad F(C,X,\mathbf{a},\mathbf{b})=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}c_{ij}x_{ij}\ (\mathbf{a},\mathbf{b})$$

Формальная задача состоит в поиске

$$(2)\quad \min_{X\in X(\mathbf{a},\mathbf{b})} F(C,X,\mathbf{a},\mathbf{b})=F(C,X^{*}(C,\mathbf{a},\mathbf{b}),\mathbf{a},\mathbf{b})$$

в условиях

$$(3)\quad \sum_{j=1}^{n}\alpha_{ij}x_{ij}\le a_i\ ,\ i=\overline{1,m}=M,$$

$$(4)\quad \sum_{i=1}^{m}\beta_{ij}x_{ij}\ge b_j\ ,\ j=\overline{1,n}=N.$$

Здесь:i – индекс грузоотправителя; j – индекс грузополучателя;

C={cij i∈M, j∈N} – матрица удельных транспортных затрат;

X={xij i∈M, j∈N} – матрица объемов перевозок грузов (планов);

A={αij} – грузоподъемности вагонов по направлению (i→j) при отправке.

B={βij} – грузоподъемности вагонов по направлению (i→j) при получении.

a={ai i∈M} – вектор предельных объемов грузоотправлений;

b={bij j∈N} – вектор предельных объемов грузополучений;

z=(a,b) – расширенный вектор предельных объемов.

В работах [1,2] рассмотрены методики оптимального планирования грузооборота при неопределенности в критерии эффективности управления.

В условиях рынка, конкуренции, санкций и т.п. о грузоподъемности вагонов по направлению (i→j) могут меняться в существенных пределах.

В настоящей работе рассматриваются задача поиска эффективного управления контейнерными перевозками в условиях неопределенности. Рассмотрена модель неопределенности в грузоподъемности вагонного парка.

Предложены методики учета неопределенности при вероятностной схеме, определения рисков в схеме «Игра с Природой», а также в схеме «Игра с активным противником», моделирующую ситуацию технологических и экономических санкций.

Заключение

Предложенные модели и методы учета неопределенности представляются достаточно перспективными и реально могут быть применены в практике управления контейнерными перевозками.

В то же время следующим этапом исследования является решение транспортной задачи с учетом времени поставок оказывает существенное влияние на безопасное и оперативное распределение грузоперевозок и позволяет минимизировать транспортные затраты.

Учет времени поставок при моделировании транспортных перевозок позволит находить комплексные оптимальные решения с учетом возможностей всех заинтересованных сторон в процессе формирования контейнерных поездов в транспортно-логистических центрах «Нового Шелкового Пути» [4].

Литература

1.*Исмаилов Ж.И., Кононов Д.А.* Integrated Management System for Rail Transport: Planning of Cargo Turnover in Conditions of Uncertainty / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Denvers: IEEE Catalog Number CFP18GAE-ART, 2018. С. https://ieeexplore.ieee.org/document/8551807.

2.*Исмаилов Ж.И., Кононов Д.А.* Новый шелковый путь: безопасность и оперативность железнодорожных перевозок / Материалы 26-й Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (ПУБСС'2018, Москва). – М.: ИПУ РАН, 2018. С. 300-303.

3.*Солоп И.А., Солоп С.А.* Актуальные Вопросы Управления вагонным парком в период реформирования //Modern Problems And Ways Of Their Solution In Science, Transport, Production And Education – 2013.

4.*Гершвальд А. С. Еловиков А.В.* Теория транспортных процессов и систем МГУПС, 2013.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Корсакова В.В., Чихирин О.В.

Российский университет транспорта (МИИТ), Россия, г. Москва ул. Образцова д.9, стр. 9

korsakova_v@mail.ru, chikhirin@bk.ru

Аннотация: В работе рассматриваются основные аспекты модели учебного плана для обучения персонала организации. В качестве основы моделирования авторы предлагают использовать компетентностный подход. Каждая дисциплина учебного плана характеризуется конкретным набором часов, реализуемыми компетенциями и методами обучения.

Ключевые слова: развитие персонала, кадровое обеспечение транспорта, результаты развития персонала.

Основные предпосылки исследований в области обучения персонала и применения различных методов обучения были сформулированы авторами в 2008 году [1] в публикации «Инновационные технологии подготовки менеджеров», в которой описаны различные инновационные методы обучения, которые могут использоваться в вузе. В период с 2009 года по 2015 год, авторы проводили анализ отдельных аспектов выбора методов развития персонала, публикуя результаты исследований в материалах различных научных конференций.

О.В. Чихирин опубликовал в 2015 году статью, посвященную классификации критериев выбора методов развития персонала [2], вызвавшую живое обсуждение вариантов решения данной проблемы. В качестве критериев были предложены:

1. Критерии, связанные со стоимостью конкретного метода развития.
2. Критерии, связанные с видом (типом) метода (качество, связанное с реализацией данного метода, затрагиваемые области изменения компетенций, условия применения), то есть то, что позволит изменить работу персонала в сторону повышения производительности труда, или снижения непроизводительных трудозатрат, повышения качества и точности труда.
3. Критерии, связанные с соотношением цены и качества.
4. Критерии, связанные с формой оценки результатов, применения метода развития персонала, например формы оценки полученных компетенций, сертификация, процедура экзамена и тому подобное.
5. Критерии, связанные с наличием требований к развиваемому персоналу (понимание целей обучения, обучаемость, необходимость развития и готовность развиваться).

Многих специалистов интересовал вопрос актуальности исследования и степени проработанности темы.

Ответом на эти вопросы стала следующая публикация О.В. Чихирина в 2015 году о современных подходах к обучению персонала [3].

Далее авторам потребовались более глубокие и обстоятельные исследования в направлении поиска алгоритма выбора наиболее эффективных методов обучения. Предполагалось, что результат применения алгоритма будет удовлетворять заданным критериям качества. В опубликованных в период с 2015 по 2017 год работах авторов [4,5] были отражены результаты пройденных этапов процесса поиска ответов на поставленные вопросы. Была описана возможность применения такого инструмента, как модель анализа работ для обоснования выбора методов развития персонала и сформулированы рекомендации по её применению для выделения необходимых персоналу для эффективного выполнения работы знаний, умений навыков[4]. Также была описана формулировка задачи формирования перечня наилучших вариантов методов развития персонала с применением модели анализа работ[5].

Теперь можно перейти к описанию модели учебного плана.

Представим учебный план обучения персонала в виде математической модели, состоящей из множества учебных дисциплин, которые связаны определенной логикой формирования компетенций обучающихся. Тогда результат обучения - конечное число компетенций, которые после обучения должны проявляться в деятельности персонала. Неотъемлемыми частями дисциплины являются следующие параметры:

1. Набор компетенций, которые формирует дисциплина.
2. Перечень методов обучения, которые позволяют сформировать компетенции.
3. Количество часов на дисциплину в учебном плане.

Каким образом размещаются дисциплины в учебном плане? В случае, когда критерием качества обучения является успешная деятельность обучаемого персонала, дисциплины должны

выстраиваться в учебном плане исходя из логики формирования всех содержащихся в нем компетенций. Процесс построения учебного плана значительно усложняется, если количество формируемых учебным планом компетенций больше одной. При этом одну и ту же компетенцию могут формировать разные дисциплины. Поэтому при построении учебного плана нужно учитывать логику развитий требуемых компетенций. В то же время разные компетенции могут осваиваться параллельно, что позволяет сэкономить ресурсы на обучение. Поэтому эту проблему рекомендуется решать на этапе построения модели анализа работ, где в конечном итоге необходимо выделить не только отдельные навыки, знания и умения, но и их логическую взаимосвязь, которая должна быть положена в основу учебного плана.

Теперь перейдем к рассмотрению отдельных аспектов описываемой нами модели. В общем виде модель учебного плана для обучения персонала организации представляет собой транспортную задачу, в рамках которой чаще всего в компаниях в качестве критерия оптимальности выступает стоимость обучения персонала.

В общем случае транспортная задача представляет собой набор критериев оптимальности и различного рода ограничений. Ограничениями в данном случае могут выступать требования к качеству обучения.

В качестве переменных в рамках описываемой модели выступают:

1. Дисциплины учебного плана.
2. Компетенции, формируемые в процессе освоения учебного плана.
3. Методы обучения персонала, которые могут быть использованы в процессе освоения данной учебной программы. Каждый метод обучения определяется двумя параметрами: отводимым на данный метод количеством часов и установленной для данного метода стоимостью 1 академического часа. То есть, каждая дисциплина включает в себя набор различных методов обучения с вышеуказанными параметрами.
4. Количество часов на каждый метод в рамках конкретной дисциплины.
5. Стоимость одного академического часа каждого метода обучения.

В предыдущей статье [5] авторами были сформулированы критерии оптимальности учебного плана. Они могут быть представлены в четырех вариантах.

1. Минимум времени, отводимого на обучение при минимальной стоимости обучения.
2. Минимум времени на обучение и заданная стоимость обучения.
3. Время обучения является заданной величиной, а цена должна быть минимизирована.
4. Время обучения минимальное (нужно научить очень быстро), при этом стоимость обучения не ограничена.

В нашем случае в качестве основной целевой функции будет выступать стоимость общего объема часов по всем дисциплинам учебного плана, которая может быть рассчитана как сумма количества часов по каждой отдельной дисциплине, помноженных на стоимость соответствующего академического часа. При этом сумма часов по дисциплине равна сумме часов, отводимых на каждый конкретный метод обучения в пределах данной дисциплины. В качестве дополнительной целевой функции может выступать общий объем часов учебного плана.

Теперь мы перейдем к формулировке ограничений описываемой модели. Как было отмечено выше, в качестве ограничения может выступать критерий качества обучения. Таким критерием мы условимся считать уровень сформированности компетенций, включенных в учебный план. На данный момент компетенции в учебном плане описываются при помощи качественных критериев. При таком подходе их невозможно использовать в качестве ограничений в нашей модели. Поэтому необходимо поставить в соответствие уровню развития компетенции числовое значение. В качестве такого параметра может выступать количество часов используемых методов обучения, позволяющих достичь требуемого уровня развития компетенции. На данный момент механизм определения количества необходимых для развития компетенций часов отсутствует. Однако, в процессе моделирования мы будем исходить из предположения, что данный механизм уже существует. Тогда уровень развития компетенции определяется суммой необходимого количества часов каждой дисциплины, формирующей данную компетенцию до требуемого уровня. При этом количество ограничений модели будет соответствовать количеству компетенций в учебном плане.

Описываемая модель имеет большое значение для кадрового обеспечения транспортной отрасли. Ее применение позволит посредством разработки специального программного обеспечения регламентировать и автоматизировать процесс формирования обучающих программ транспортных компаний, таких как ОАО «РЖД», ГУП «Московский метрополитен» и других. Еще одним плюсом

применения описываемой модели является повышение обоснованности выбора методов обучения и сокращения стоимости обучения персонала транспортных организаций.

В заключение также отметим, что на итоговую стоимость обучения может оказывать влияние такой фактор, как дополнительные требования к необходимому оборудованию, связанные например, с внедрением цифровой экономики в Российской Федерации или современными мировыми трендами в сфере оборудования для обучения персонала. Например, лекции сейчас читают с использованием мультимедийного оборудования, хотя можно использовать и маркерные доски или практически исключенные из использования меловые доски. Данный фактор находит свое отражение в стоимости одного академического часа, приходящегося на конкретный метод обучения.

Так же влияние на выбор тех или иных методов обучения может оказать количество обучающегося персонала или его состав. Например, люди с ограниченными возможностями могут потребовать индивидуального подхода и специальных методов обучения, а провести тренинг или организовать проектную работу для 100 человек будет несопоставимо дороже и сложнее, чем прочитать им лекцию, или обеспечить доступ к материалам курса в дистанционной форме.

Литература

1. Козырев В.А., Корсакова В.В., Чихирин О.В. Инновационные технологии подготовки менеджеров. Мир транспорта, М.: 2008 № 4, с. 144-149.

2. Чихирин О.В. Классификация критериев выбора методов развития персонала в рамках кадрового обеспечения железнодорожного транспорта // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №3(2015) [Электронный ресурс] http://naukovedenie.ru/PDF/148TVN315.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/148TVN315

3. Чихирин О.В. Исследование развития современных подходов к обучению персонала в России за период с 1989 года по 2015 год // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, No4(2015) [Электронный ресурс] http://naukovedenie.ru/PDF/134TVN415.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.DOI: 10.15862/134TVN415

4. Корсакова В.В., Чихирин О.В. Использование модели анализа работ для обоснования выбора методов развития персонала // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, No6(2015) [Электронный ресурс] http://naukovedenie.ru/PDF/100TVN615.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.DOI: 10.15862/100TVN615

5. Корсакова В.В., Чихирин О.В. Формирование перечня наилучших вариантов методов развития персонала // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, No6(2017) https://naukovedenie.ru/PDF/145TVN617.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ЗАТОРОВ

Кушелева Е.В., Кушников В.А., Резчиков А.Ф.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская д.83

Институт проблем точной механики и управления РАН, Россия, г. Саратов, ул. Рабочая д. 24

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

kushelevae@mail.ru, kushnikoff@yandex.ru, iptmuran@san.ru

Аннотация: Разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать концентрацию вредных веществ, попавших в атмосферу от автомобильного затора. Автомобили рассматриваются как множество точечных статичных источников эмиссии, распределенных случайным образом по автотрассе. Представлены результаты вычислений, подтверждающие возможность получения информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха от автомобильного затора.

Ключевые слова: математическая модель, концентрация поллютантов, автотранспортный затор.

Введение

В крупных городах автомобильный транспорт является основным источником эмиссии атмосферных поллютантов. Возрастающая численность автотранспортных средств приводит к увеличению интенсивности загрязнения приземного слоя атмосферы современных мегаполисов. Мониторинг и прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта

является приоритетной задачей в области экологической безопасности. Решению этой задачи посвящены труды отечественных и зарубежных исследователей, таких как Gifford F., Pasquill F., M.E. Берлянд и др.[1-3, 10-12].

Для контролирования уровня загрязнения атмосферного воздуха органами санитарно-эпидемиологической службы были разработаны предельно допустимые концентрации каждого поллютанта, при которых здоровью человека не наносится вред. Но т.к. измерения проводятся на достаточно длительных интервалах, в течение времени измерения могут возникать резкие повышения концентрации, во время которых люди находятся в плохих экологических условиях, что нельзя оставлять без внимания.

В настоящей работе представлена математическая модель, позволяющая прогнозировать концентрации вредных веществ через малые промежутки времени в каждой точке контролируемой территории и отслеживать возникновение резких повышений концентраций, способных нанести вред людям, находящимся на территории объекта.

1 Построение математической модели

1.1 Постановка задачи

Допустим, что в результате движения автотранспорта на перекрестке возникает затор, атмосферные выбросы которого распределяются по контролируемой территории, где размещены социально-значимые объекты. Местонахождение экологически вредного автотранспорта на трассе определяется случайной величиной, равномерно распределенной на интервале (0,1).

Постановка задачи*:* разработать математическую модель для определения концентрации загрязняющих веществ, образующихся в контролируемых точках на различных интервалах времени.

1.2 Построение модели

Решение поставленной задачи проводится в два этапа.

На первом этапе выбирается исследуемый участок дороги с автомобильным затором, его длина и средняя загруженность. На основании этих данных рассчитывается количество автотранспортных средств.

Сначала определяется максимально возможное количество транспорта, для этого исследуемый участок делится на блоки, состоящие из автомобиля и расстояний для соблюдения необходимой дистанции (рис. 1).

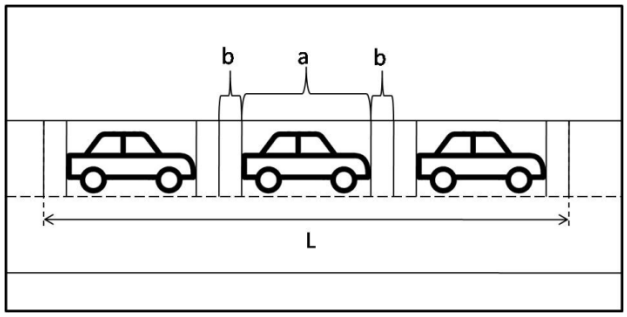


Рис. 1. Разделение участка дороги на блоки. L – длина выбранного участка дороги, м; a – средняя длина автотранспортного средства, м; b – половина необходимого интервала между автомобилями, м

Максимальное количество автомобилей на исследуемом участке K_{max} можно рассчитать по формуле:

$$K_{\max} = \frac{L}{a+2b}. \quad (1)$$

Зная значение загруженности Z рассматриваемого участка дороги экологически вредным автотранспортом, можем определить количество машин-загрязнителей $K_{авт}$ по формуле:

$$K_{авт} = \frac{ZK_{\max}}{100}. \quad (2)$$

Местонахождение загрязняющего атмосферу транспорта на дороге определяется случайной величиной, равномерно распределенной на интервале (0,1), так выявляется положение точечных статичных источников эмиссии.

На втором этапе решается задача о переносе загрязняющих веществ в атмосфере. В качестве моделирующего уравнения используем уравнение массопереноса, представленное в [4]:

$$\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}+w\frac{\partial c}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial c}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}k_y\frac{\partial c}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial c}{\partial z}-\alpha c+ \quad (3)$$

$$+Q_s(t)\delta(x-x_s)\delta(y-y_s)\delta(z-z_s),$$

где c – искомая концентрация токсичного вещества; x, y, z - координаты точки расчета по осям абсцисс, ординат и аппликат, соответственно; t - время; u, w, v - проекции вектора средней скорости перемещения вещества на оси абсцисс, ординат и аппликат соответственно; α - коэффициент изменения концентрации вещества из-за химических превращений; kx, ky, kz - составляющие коэффициента обмена по осям x, y, z, соответственно; Q_s – интенсивность выброса токсичного вещества; $\delta(x-x_s)$ - дельта-функция Дирака; xs,ys,zs – координаты источника эмиссии токсичного вещества [6-9].

Уравнение (3) должно быть дополнено начальным и тремя граничными условиями по каждой из пространственных координат:

$$c(t=0,x,y,z)=\theta(x,y,z),$$

$c\to 0$ при $|x|\to\infty$,

$c\to 0$ при $|y|\to\infty$,

$c\to 0$ при $z\to\infty$.

Способ задания параметров k_x, k_y, k_z описан в [5].

2 Экспериментальная проверка

Разработанный программный продукт был применен для проведения серии вычислительных экспериментов по прогнозированию загрязнений придорожных территорий поллютантами. Для примера рассматривается территория вблизи перекрестка с затрудненным движением с расположенным на ней социально значимым объектом.

В качестве поллютанта, выбрасываемого в атмосферу автотранспортом, выбран оксид азота NO_2.Был произведен расчет изменения концентрации вредной примеси во времени в заданных точках контролируемой территории.

Предположим, что время, в течение которого проводятся измерения, составляет 30с, и метеоусловия спокойные, т.е. нет резко выраженного направленного ветра. Тогда средняя концентрация NO_2 от автомобильного затора в контролируемой точке, согласно результатам вычислений, составляет 0.176 мг/м^3 (рис. 2). При том, что средняя концентрация NO_2 в течение указанного промежутка времени меньше предельно допустимой, 23,3% времени человек, находящийся в районе контролируемой точки, вдыхает воздух с повышенным содержанием вредоносного газа.

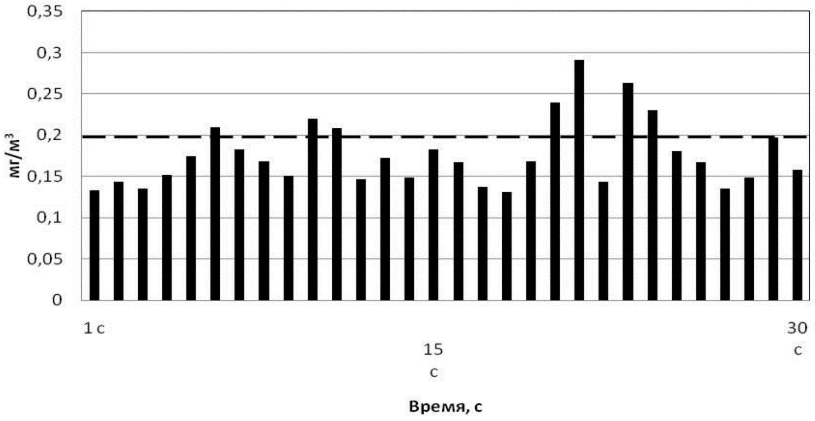


Рис. 2. Изменение концентрации NO_2 в контролируемой точке в течение 30с.

Согласно представленным результатам вычислений, расположение социально-значимых объектов в непосредственной близости от автомагистралей и перекрестков недопустимо, т.к. это представляет собой угрозу здоровью и экологической безопасности населения.

Предлагаемая модель позволяет прогнозировать концентрации вредных веществ через малые промежутки времени в каждой точке контролируемой территории и отслеживать возникновение резких повышений концентраций поллютантов, при которых люди оказываются во вредных для здоровья экологических условиях.

Литература

1. *Gifford F. Hanna S.* Modeling urban air Pollution. – Atm. Env. 1973. N 1. – p. 131-136.
2. *Pasquill* F. 1962. Atmospheric diffusion – London: Van Nostr. Co.Ltd. – 298p.
3. *Кушникова Е.В., Резчиков А.Ф.* Математическая модель для определения массового и валового выброса атмосферных поллютантов промышленного предприятия // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2015. №4. С.134 – 140.
4. *Кушелева Е.В.* Модель для прогнозирования распространения атмосферных поллютантов при автотранспортных заторах / Е.В. Кушелева, А.Ф. Резчиков, В.А. Кушников, В.А Иващенко, Л.Ю. Филимонюк, А.С. Богомолов, Е.В. Кушникова, А.А. Самарцев, М.В. Хамутова // Системы управления и информационные технологии. 2018. № 2. С. 55-60.
5. *Бруяцкий Е.В.* Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов. – Киев: Институт гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с.
6. *Кушелева Е.В.* Математическое моделирование определения степени загрязнения атмосферы при выбросах химических веществ / Е.В. Кушелева, А.Ф. Резчиков, В.А. Кушников, В.А Иващенко, А.С. Богомолов, Е.В. Кушникова, Л.Ю. Филимонюк, М.А. Барулина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2018. № 2. С. 17-25.
7. *Кушелева Е.В., Резчиков А.Ф., Кушников В.А.* Модель для прогнозирования уровня загрязнений территорий поллютантами на основе уравнения турбулентной диффузии // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. Саратов: СГТУ, 2017. Т.7. С. 111-114.
8. Кушникова Е.В., Резчиков А.Ф., Иващенко В.А., Филимонюк Л.Ю. Модели и алгоритмы минимизации ущерба от атмосферных выбросов промышленных предприятий // Управление большими системами. Выпуск 57. М.: ИПУ РАН, 2015. С.158-190.
9. *Кушелева Е.В.* Моделирование распространения атмосферных поллютантов от дорог с затрудненным движением / Е.В. Кушелева, В.А. Кушников, А.Ф. Резчиков, В.А Иващенко // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2018. № 1. С. 34-38.
10. *Кушникова Е.В., Резчиков А.Ф.* Комплекс прикладных программ для минимизации ущерба от атмосферных выбросов промышленных предприятий // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2015. Т. 3. № 1 (80). С. 148-153.
11. *Кушникова Е.В., Торопова О.А.* Имитационное моделирование загрязнения территорий выбросами промышленных предприятий // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах: матер. Всерос. науч. конф. – Саратов, 2012. – С. 20-23.
12. *Кушникова Е.В.* Модели и алгоритмы определения ущерба от воздействия атмосферных поллютантов на здоровье населения // Компьютерные науки и информационные технологии: матер. Междунар. науч. конф. – Саратов, 2016. – С. 225-227.

УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОЗНАЧНОЙ ЛОГИКИ

Максимов Д.Ю.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
jhanjaa@ipu.ru

Аннотация: Представлен способ построения нечетких баз знаний для управления группой беспилотных летательных аппаратов, в котором вместо нечеткой логики используется многозначная. Шкала истинностных значений этой логики не является цепью и обобщает понятие оценки в нечеткой логике.

Ключевые слова: нечеткие базы знаний, управление БПЛА, многозначная логика.

Введение

Использование нечетких баз знаний систем интеллектуальной поддержки предполагает построение алгоритмов распознавания складывающихся в полете типовых ситуаций и получение соответствующих управляющих решений [1]. При этом используется нечеткая логика второго уровня (т.н. нечеткозначная логика), в которой складывающаяся ситуация оценивается набором лингвистических переменных вместе со степенями значимости/уверенности значений этих

переменных [2]. В свою очередь степени уверенности принимают уже значения в числовом интервале, обычно [0,1]. При этом способы определения нечеткости чисто субъективны – степень нечеткости определяется экспертами. Однако не для всех лингвистических переменных обязательно должна быть такая оценка: например, для значения «помеха в плоскости *xy*» переменной «пеленг» может быть ряд оценок, опять лингвистических, типа «справа», «спереди» и т.д., которые не обязательно оценивать численно. Такие оценки определяются самой ситуацией и не нуждаются в экспертном мнении. Для сравнения этих оценок можно использовать понятия не нечеткой логики, а многозначной.

Расширение нечеткой логики на подобные шкалы было выполнено в [3] (промежуточные итоги в [4]) и использовано в [5] для работы с системами, основанными на знании. Однако для определения импликации в этих работах используется структура моноида на решетке истинностных значений. Это позволяет работать с произвольными решетками (шкалами), но при этом остается открытым вопрос на основании чего вычислять произведения элементов решетки. В [6], для определения вариантов перехода к новой ситуации, использовалась дистрибутивная решетка, что снимает неопределенность в определении импликации. А в [7], для случая линейной логики, использовались общие соображения, которые позволяли вычислять импликацию, но неоднозначно.

В этой работе предлагается обычной образ действий [1], [2] по оценке истинности консеквента импликации и принятия решения на этой основе перенести на многозначную логику с дистрибутивной шкалой истинностных значений, что позволит в первом приближении вообще обойтись без численных оценок и, соответственно, без привлечения экспертов.

1 Постановка задачи

1.1 Элементарные математические сведения

Полная решетка – это частично-упорядоченное множество, имеющее для любых двух подмножеств их точную верхнюю грань (или объединение) и точную нижнюю грань (или пересечение). Это означает, что в непустой полной решетке есть наибольший и наименьший элементы. На диаграмме решетки (например, как на рис. 1) чем больше элемент (т.е. вершина, узел диаграммы решетки), тем выше он расположен, и сравнимые между собой элементы лежат на одном пути из нижнего элемента в верхний. Объединение элементов на диаграмме (sup, max) — ближайший наибольший элемент для обоих, пересечение (min, ∩) — ближайший наименьший для обоих. Заметим, что любая конечная решетка является полной. Образующими решетки (ее генераторами) называются те элементы, из которых путем применения операций объединения и пересечения получаются все остальные элементы. Атомы – это генераторы, имеющие нулевое пересечение. В решетках для любых элементов a, b может быть определена импликация $c = a \to b$ как наибольший элемент, который пересекается с a так же, как b: $c \cap a = b \cap a$. Решетка, имеющая импликации, называется брауэровой решеткой. В такой решетке импликация $\neg a = a \to 0$ называется псевдодополнением a. В брауэровых решетках выполняются законы дистрибутивности для объединения и пересечения. Все конечные дистрибутивные решетки являются брауэровыми.

1.2 Постановка задачи

Ситуацией называется набор значений признаков, описывающих состояние объекта управления в текущий момент времени. Каждый признак описывается соответствующей лингвистической переменной со своим набором термов – лингвистических значений переменной. Обычно каждое из этих значений является нечеткой переменной. Но в этой работе предполагается, что каждый терм представляется полной дистрибутивной решеткой, элементы которой оценивают степень истинности соответствующего терма так же, как и элементы отрезка [0,1] оценивают степень истинности обычной нечеткой переменной. Только в отличие от последних, в нашем случае степени истинности не всегда могут быть сравнимы между собой.

Поскольку в посылку импликации, определяющей продукционное правило, и ее заключение входят переменные с разным набором термов, то для возможности их сравнения области истинностных значений различных термов (т.е. соответствующие решетки) должны иметь нетривиальные пересечения. И для того, чтобы импликация была определена, все эти решетки должны быть подрешетками некоторой дистрибутивной (точнее брауэровой в бесконечном случае) решетки.

В типовой ситуации обеспечения безопасности группового полета по взаимному расположению объектов, а также при внешней помехе должно выбираться направление ухода для предотвращения возможного столкновения [1] или направление наведения на возможную цель. В [1] используется ряд признаков, влияющих на выбор направления маневра. Для простоты здесь будут рассмотрены только

два таких возможных признака – «пеленг помехи» и «направление поворота». С помощью решеточных оценок значений термов этих признаков находятся управляющие решения по определению «направления поворота» в зависимости от «пеленга помехи».

2 Формирование управляющих воздействий

При постоянном изменении информации в полете величины управляющих воздействий не остаются постоянными. Возможным способом получения управляющих решений является система, основанная на правилах, в которой правила продукций получаются по схеме нечеткого логического вывода. Обычная схема здесь такова: консеквент *y* (нечеткая переменная) получается из антецедента *x* и импликации $x \to y$ (тоже нечетких) по следующему правилу

(1) $$y = x \circ x \to y,$$

где операция ∘ обозначает композицию, чаще всего максиминную, нечетких переменных. При этом импликация обычно задается прецедентом, в котором *x* и *y* известны, и вычисляется по одной из множества существующих формул. Выбор одной из них предоставляется опыту разработчика. Связано это с тем, что в линейно-упорядоченной шкале истинностных значений нет однозначного определения отрицания и, соответственно, импликации [8]. Однако это не так в дистрибутивной решетке общего вида.

Рассмотрим часть дистрибутивной решетки с четырьмя атомами-образующими Рис.1.

Придадим следующие смыслы элементам этой решетки. Пусть лингвистическая переменная *x* – <пеленг>, – состоит из двух термов $T_1 = (\alpha, \beta, \alpha\beta, 0)$ – <помеха в горизонтальной плоскости> с оценками α – <слева>, β – <справа>, $\alpha\beta$ – <впереди> и $T_2 = (\gamma, \delta, \gamma\delta, 0)$ – <помеха в продольной вертикальной плоскости> с оценками γ – <сверху>, δ – <снизу>, $\gamma\delta$ – <впереди>. Общая оценка 0, т.е. пересечение, трактуется как «сзади». Пусть лингвистическая переменная *y* – <поворот> также состоит из двух термов $T_3 = (\alpha, \gamma, \delta, \alpha\gamma, \alpha\delta, \gamma\delta, \alpha\gamma\delta, 0)$ – <в левую полусферу> и $T_4 = (\beta, \gamma, \delta, \beta\gamma, \beta\delta, \gamma\delta, \beta\gamma\delta, 0)$ – <в правую полусферу> с очевидными комбинациями оценок для T_1 и T_2.

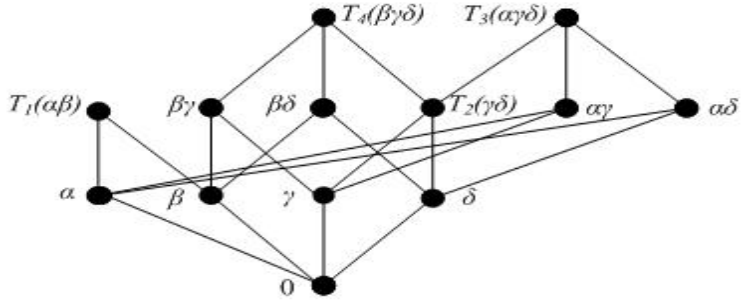


Рис. 1. Часть решетки для оценки истинностных значений ситуации обнаружения помехи

Предположим, что $x = (<\alpha|T_1>, <\gamma|T_2>)$, т.е. помеха находится слева и сверху. Надо определить y = (<?|T_3>, <?|T_4>). По смыслу решеточной импликации $z = x \to y$ для *y* имеем ограничение: $x \cap z \le y \le z$. Поэтому для *z* имеем: $x \to y = \begin{pmatrix} z_1, z_3 \\ z_2, z_4 \end{pmatrix}$, где $z_1, z_2 \in T_3;\ z_3, z_4 \in T_4$. В самом общем случае *y* может быть любым в T_3 и T_4. Таким образом, *при максиминной композиции*, получаем возможные значения *y*: $y = (\sup\begin{pmatrix} \alpha \cap z_1 \\ \gamma \cap z_2 \end{pmatrix}_{T_3}, \sup\begin{pmatrix} \alpha \cap z_3 \\ \gamma \cap z_4 \end{pmatrix}_{T_4}) = (<\alpha \vee \gamma \vee \alpha\gamma \vee 0 | T_3>, <\gamma \vee 0 | T_4>)$, где знаком ∨ отделяются возможные варианты. При максимальных значениях *z*: $z_1 = z_2 = \alpha\gamma\delta$ и $z_3 = z_4 = \beta\gamma\delta$ получаем наведение БПЛА на помеху: $y = (<\alpha\gamma | T_3>, <\gamma | T_4>)$ - управляющий импульс скорости влево и вверх.

Для получения правила ухода от помехи следует использовать другую композицию. Предположим, что для того же *x* есть прецедент y = (<$\delta|T_3$>, <$\beta\delta|T_4$>) – уход вправо и вниз. Тогда для *z* можно использовать матрицу $x \to y = \begin{pmatrix} \gamma\delta, \beta\gamma\delta \\ \alpha\delta, \beta\delta \end{pmatrix}$ и правило (отрицательной) композиции $y = x \circ x \to y = \min \neg x$. При таком правиле БПЛА будет всегда уходить в сторону от помехи. Однако при фронтальной помехе $x = (<\alpha\beta|T_1>, <\gamma\delta|T_2>)$ для импульса имеем $y = (<0 | T_3>, <0 | T_4>)$ - что можно трактовать как торможение или разворот.

Такое поведение определяется только выбором правила композиции и видом шкалы истинностных значений. В последнем случае фронтальной помехи при этом было получено торможение/разворот, что может быть недостаточным для определения траектории полета. Но здесь везде использовались только две лингвистические переменные, в то время как полное описание тактической ситуации требует намного большего их количества [1]. Также, при построении решетки, не принимались во внимание возможные положения помехи и варианты поворота в задней полусфере, потому что это сильно усложняет решетку. Учет дополнительных лингвистических переменных и усложнение шкалы истинностных значений позволяет выбирать управляющие решения в более полном наборе вариантов.

Литература

1. *Гайнуллин И.А., Рогалев А.П.* Построение нечетких баз знаний ситуационных систем интеллектуальной поддержки решения задач авиационных бортовых комплексов // Авиакосмическое приборостроение. 2007, №2. – С.57-66.
2. *Поспелов Д.А.* Логико-лингвистические модели в управлении. – М: Энергоиздат, 1981.
Goguen J.A. The logic of inexact concepts // Synthese. Vol. 19. 1969. – P.325-373.
Xu Y., Ruan D., Qin K.Y., Liu J. Lattice-Valued Logic: An Alternative Approach to Treat Fuzziness and Incomparability. – Heidelberg: Springer-Verlag, 2003.
3. *Liu J., Lu Z., Martinez L., Xu Y.* Preference Criterion and Consistency in the Rule-Based System Based on a Lattice-Valued Logic// EUROFUSE WORKSHOP: New Trends in Preference Modeling and Applications. 2015, Dec. – P.99-104.
4. *Maximov D.Y.* Reconfiguring system hierarchies with multi-valued logic // Automation and Remote Control. Vol. 77. 2016, №3. – P.462-472.
5. *Maximov D.Y., Legovich Y.S., Ryvkin S.E.* How the structure of system problems influences system behavior // Automation and Remote Control. Vol. 78. 2017, №4. – P.689-699.
6. *Максимов Д.Ю. Логика Н.А.* Васильева и многозначные логики // Логические исследования. Т. 22. 2016, № 1. – С. 82-107.

ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕНДЕНЦИЯ: ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Орлов М.О.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1

orlovmo@bmstu.ru

Аннотация: В настоящей работе рассмотрены аспекты применения технологии блокчейн для транспортной отрасли. Представлен успешный мировой опыт адаптации современных технологий для оптимизации логистических цепей. Проанализировано текущее развития информационного общества в России и его влияние на транспортную отрасль в части цифровизации.

Ключевые слова: логистическая цепь, транспортная отрасль, цифровизация, блокчейн, Индустрия 4.0

В последнее время транспортная отрасль в РФ, как и по всему миру, становится одним из наиболее динамично развивающихся секторов экономики. Клиенты транспортных компаний предъявляют все более высокие требования, как к надежности, так и функциональности предоставляемых услуг. Это связано в том числе с тем, что информационные технологии (ИТ) меняют как привычные формы доступа к конечному покупателю, так и каналы движения продукции. Поэтому перед успешными предприятиями неизбежно появляется задача интеграции в мировую ИТ-инфраструктуру и отвечать ведущим мировым тенденциям. Значит, необходимо разрабатывать адекватные решения по автоматизации своих процессов.

Глубокая интеграция информационных технологий в производственные процессы породила четвертую промышленную революцию, объединившую цифровые концепции и получившая название «Индустрия 4.0» [1] Поэтому, все участники процесса поставки (в том числе и транспортировки) неизбежно должны интегрироваться и в информационное пространство образующихся цепочек ценностей или логистических цепей (ЛЦ), цепей поставок (ЦП). Концепция «Индустрия 4.0» включает в себя работу с Big Data: большие массивы данных, которые приходят от всех участников и процессов вовлеченных в рассматриваемые поставки. Для дальнейшего эффективного их использования нужны современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) и блокчейн (Blockchain). Большинство логистических компаний используют привычные способы общения с клиентами (телефон, факс, электронная почта, мессенджеры), не прибегая к аналитической помощи современных технологий. Однако, во временной парадигме развития предприятия для более

качественной и быстрой работы, лицу принимающему решение (ЛПР) необходимо иметь в своем распоряжение качественно работающие информационные системы (схематично, это показано на рисунке 1)

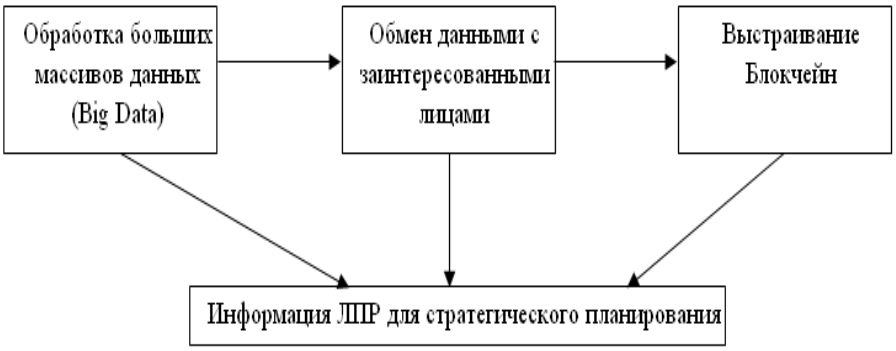


Рис. 1. Схема ротации данных в разрезе концепции «Индустрия 4.0» для ЛПР в транспортной отрасли

В РФ уровень цифровизации транспортной отрасли остается довольно низким, используются традиционные, но устаревающие схемы движения материальных потоков: поставщик (импортер) – дилеры – розничная сеть/конечный покупатель. Логистическим провайдерам необходимо искать возможность прямого доступа к своим клиентам (как раз посредством современных технологий): в части доставки 3PL-провайдер решает вопросы, например, о выборе канала распределения и об оптимальной работе склада, а ЛПР в 4PL-провайдере на этапе управления может качественней координировать работу в целом и четко планировать снижение общих издержек.

Технология блокчейн направлена на доступную и безопасную работу с информацией, принцип работы известен и находится в этимологии самого этого определения: цепочка (chain) из блоков (block). Соединенные блоки информации защищены криптографическим ключом (набор из букв и цифр) и на данный момент технология получила наибольшее распространение в финансовом секторе: работе с крипто валютами (биткойн, эфириум и тп) и различными финансовыми инструментами (акции, облигации и тп). Без привязки к финансовой составляющей, блокчейн могла бы решить множество проблем как в государственной, так и в негосударственной сферах. [2]

I	Глобальный Блокчейн, развитие ИИ (США, Китай, Южная Корея, ОАЭ и ряд прочих)
II	Интеграция участников ЛЦ, от момента заказа до поставки конечному потребителю (Европа и ее «сателлиты»)
III	Автоматизация операций (РФ, страны бывшего СНГ)
IV*	Работа в старых «шаблонах» (прочие слаборазвитые страны Африки, Азии и др)

Рис. 2. Зависимость уровня внедрения и развития технологий от места расположения бизнеса

В длительной перспективе, внедрение повсеместной цифровизации (прежде всего ИИ, блокчейн) должно облегчить, например, резервирование (букинг) места на судне для перевозимого груза, как заказывается столик в ресторане, а заказ одномоментно грузовой поставки в режиме обычного такси уже сейчас доступен у некоторых грузоперевозчиков. Однако, очень важно и место расположения бизнеса: разные страны по-разному вкладывают в развитие технологий.

Известные мировые компании Maersk (крупнейший контейнерный перевозчик) и IBM (одна из ведущих мировых ИТ-компаний) совместно разработали платформу TradeLens: это открытая и нейтральная отраслевая платформа, основанная на технологии блокчейна, поддерживаемая основными игроками в мировой индустрии морских перевозок. Платформа способствует эффективному, прозрачному и безопасному обмену информацией, чтобы способствовать

расширению сотрудничества и доверия во всей глобальной ЦП. 26 мая 2019 года глобальные контейнерные перевозчики CMA CGM и Mediterranean Shipping Company (MSC) объявили о присоединении к TradeLens. [3]

Мировая тенденция такова, что венчурные инвестиции в ИТ-сектор в разы превышают инвестиции в ИИ. Лишь десятая часть всех стартапов в области ИИ генерируют доход, а внешние инвестиции остаются сильно сконцентрированы по географическому признаку: несколько технологических центров в США и Китае, есть разработки в Европе и Индии. В России, согласно Распоряжению Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р утверждена программа «Цифровая экономика в Российской Федерации», в целях реализации Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы: «программа способствует согласованному развитию цифровой экономики на территории стран-участниц Евразийского экономического союза и в кооперации с партнерами на европейском и азиатско-тихоокеанском направлениях в формате Шанхайской организации сотрудничества и БРИКС».

Сегодня в России наблюдается быстрое развитие цифровой экономики, но доля государства и частных инвестиций в структуре российского ВВП ниже, чем в сравнимых странах, а объем экспорта цифровых технологий в четыре раза меньше импорта. [4] Поэтому рост цифровой экономики замедляется. Государству необходимо сделать более комфортными и прозрачными условия для инвестирования в высокотехнологичные секторы экономики, тогда российские предприятия будут более заинтересованы в использовании технологий ИИ в своей деятельности и будет расти доля коммерческого финансирования новых, прорывных проектов, а не только в рамках целевых, некоммерческих, государственных программ. При этом транспортная отрасль является одним из лидеров по объему государственного финансирования: проекты по распознаванию изображений, анализу данных и другие.

Для того чтобы быть успешным и конкурентоспособным, предприятие должно опережать на несколько шагов ожидания своих клиентов. Только соответствовать рынку уже недостаточно, а значит именно в развитии и системном внедрении новых цифровых технологий в повседневную деятельность находится ключ не только к росту, но и гарантированном удержании своего положения.

Литература

1. *Бром А.Е., Терентьева З.С.* Использование технологии блокчейн в управлении жизненным циклом продукции // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. Информатика. – 2018. – № 1. − С. 118-124

2. *Hackius, N.; Petersen, M.* Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://tore.tuhh.de/bitstream/11420/1447/1/petersen_hackius_blockchain_in_scm_and_logistics_hicl_2017.pdf (Дата обращения 12.06.2019)

3. Major ocean carriers CMA CGM and MSC to join TradeLens. [Электронный ресурс] – May 28, 2019. – Режим доступа: https://blog.tradelens.com/news/press-releases/cma-cgm-and-msc-to-join-tradelens/?_ga=2.90712666.1304246607.1560352331-941020367.1560352331. (Дата обращения 12.06.2019)

4. *Басаев З.В.* Цифровизация экономики: Россия в контексте глобальной трансформации // Мир новой экономики. . – 2018. – № 4. − С. 32-38

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ

Пашков Н.Н., Шапкин И.Н.

Российский университет транспорта (МИИТ),
Россия, г. Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9
pashkovnn@gmail.com, shapkin05@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается алгебраический метод многокритериальной экспертизы проектов развития транспортных узлов в условиях роста грузовых потоков. Метод позволяет определить фактические и предельные значения ключевых показателей эффективности проектов.

Ключевые слова: транспортный узел, многокритериальная задача, ключевые показатели эффективности, экспертиза.

Введение

С технологической точки зрения, транспортная система России представляет собой множество технических средств и транспортных узлов, соединенных путями сообщения. Под транспортным узлом здесь понимается комплекс транспортных устройств в пункте стыка нескольких видов транспорта, совместно выполняющих перевозки грузов и пассажиров.

В транспортных узлах наиболее ярко проявляется ряд проблем взаимодействия конкурирующих видов транспорта. С целью сбалансированного развития разных видов транспорта в интересах государства, необходима многосторонняя политика инвестиционного регулирования рынка транспортных услуг. Важнейшими направлениями такой политики являются ведомственные инвестиционные проекты, которые предусмотрены в государственной программе «Развитие транспортной системы» [1]. Процессная часть этих проектов в разделе научного обеспечения комплексного развития транспортных узлов предполагает экспертную оценку эффективности инвестиций на основе системы универсальных ключевых показателей работы транспорта.

Ключевые показатели эффективности работы транспорта

Основанием для оценки эффективности инвестиций является нормативная база капиталов, задействованных в производстве транспортных услуг. Универсальная оценка тарифа на перевозку грузов, нормы доходности и прибыли, для различных видов транспорта, существенно различающихся по структуре и стоимости активов, научно обоснована в работе [2]:

(1) $r_т \geq (f_т - \pi_т) \cdot Q/L,$

где: $r_т$ – тариф на перевозку [руб/км]; $f_т$ – норма доходности [руб/т]; $\pi_т$ – норма прибыли [руб/т]; Q – масса груза [т]; L – расстояние перевозки груза [км]; Q/L – удельный грузопоток [т/км].

Удельный грузопоток – комплексный технологический параметр, который характеризует эксплуатационную нагрузку сети дорог с учетом специфики вида транспорта. Такая оценка эффективности проекта даёт прозрачное обоснование затрат на перевозку грузов, и может служить универсальным критерием для экономического сравнения инвестиций в разные виды транспорта в разных регионах, способствуя оптимальному решению многогранной проблемы развития транспортных систем в условиях противоположных интересов всех участников перевозочного процесса.

Постановка задачи экспертизы проектов

На эффективность транспортных систем объективно влияют следующие факторы: пропускная способность участков транспортной сети, провозная способность подвижного состава, нестабильность размеров грузовых потоков, интервальная неопределенность корреспонденций грузов, нерегулярность предъявления грузов к перевозке [3].

Задача оценки предельной эффективности транспортной системы, в таких условиях, заключается в определении максимальных потоков подвижного состава с разной провозной способностью по участкам дорог с разной пропускной способностью.

Для формальной постановки задачи введем обозначения основных параметров организации грузовой работы: длина участка s_{ij}; число транспортных средств m_{ij} на участке от пункта i до пункта j; производительность грузовых фронтов терминалов ω_{ij} транспортных узлов; участковые скорости v_{ij} на участках; интервалы движения I_{ij} подвижного состава на участках. Остальные параметры представим в виде матриц.

Прямоугольная матрица пробега A подвижного состава по участкам (i, j):

(2) $A = \left\{\frac{v_{ij}}{m_{ij}} I_{ij} : i = \overline{1,m}\,, j = \overline{1,n}\right\}.$

Матрица размеров X транспортных потоков x_{ij}:

(3) $\mathrm{X} = \left\{x_{ij} : i = \overline{1,n}\,, j = \overline{1,m}\right\}.$

Матрица расстояний S длин участков s_{ij}:

(4) $S = \left\{s_{ij} : i = \overline{1,m}\,, j = \overline{1,n}\right\}.$

Матрица C удельных целевых показателей c_{ij}:

(5) $C = \left\{c_{ij} : i = \overline{1,l}\,, j = \overline{1,n}\right\},$

где n – число участков, l – число целевых показателей грузовой работы, c_{ij} – удельные целевые показатели. Здесь предполагается, что для разных участков значения удельных целевых показателей c_{ij} могут различаться в зависимости от характеристик пути, подвижного состава и груза.

Матрица B ёмкости грузовых фронтов терминалов:

(6) $B = \left\{\frac{\omega_{ij}}{m_{ij}} I_{ij} : i = \overline{1,f}\ , j = \overline{1,n}\right\}$,

где f – число грузовых фронтов терминалов.

Матрица G заявленных к перевозке объемов груза g_{ij}:

(7) $G = \{g_{ij} : i = \overline{1,k}\ , j = \overline{1,n}\}$

Математическая модель многокритериальной линейной задачи

В принятых обозначениях, математическая формулировка многокритериальной задачи экспертизы состоит в следующем:

найти

(8) $F = \max_x CX$,

при условиях:

(9) $AX \le S$,

(10) $BX \ge G$,

(11) $X \ge 0$.

где: $F = \{f_{ij} : i = \overline{1,l}\ , j = \overline{1,m}\}$ – матрица целевых функций, максимальные значения которых являются критериями оценки эффективности транспортной системы.

Решение многокритериальной линейной задачи

Точное численное значение максимальных транспортных потоков $X_{\max}$ дает алгебраический метод решения [4] многокритериальной линейной задачи (8) – (11):

(12) $X_{\max} = A^{+}S$,

где: A^{+} - матрица, псевдообратная матрице A.

Максимальное решение $X_{\max}$ (12) позволяет вычислить, по формулам (8) и (10), максимальные значения целевых функций:

(13) $F_{\max} = CA^{+}S$,

и максимальные размеры грузовых потоков на участках транспортной сети:

(14) $G_{max} = BA^{+}S$.

Отклонение фактических показателей относительно расчетных максимальных $X_{\max}$, G_{max} и $F_{\max}$, характеризует величину резерва мощности транспортной системы.

В качестве примера применения аналитического метода многокритериальной экспертизы проектов, приведем результаты исследования [5, 6] максимальной пропускной способности Малого окружного кольца (МОК) Московского железнодорожного узла (МЖУ) [7].

Для исследования МОК МЖУ условно разделено в четном направлении на пять участков: Перово – Черкизово – Белокаменная – Владыкино – Лихоборы – Пресня. Характеристики участков приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики участков МОК МЖУ

Участок	Длина s_{ij}, км	Участковая скорость v_{ij}, км/час	Число вагонов в составе m_{ij}
L_1	6,8	38	45
L_2	6,4	39	55
L_3	6,2	37	60
L_4	16,6	39	65
L_5	18	40	50

Результаты расчетов максимальной пропускной способности $X_{\max}$ для разных интервалов движения поездов I_{ij}, представлены графиком на рисунке 1.

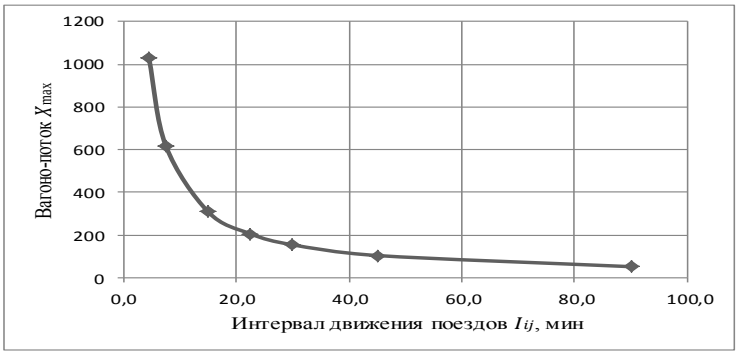


Рис. 1. График функции $X_{max}(I_{ij})$ на МОК МЖУ

Таким образом, алгебраический метод позволяет аналитически решать задачи многокритериальной оценки эффективности действующих транспортных систем, экспертизы проектов их развития или инновации.

Литература

1. Паспорт Государственной программы Российской Федерации "Развитие транспортной системы" [Электронный ресурс]: Консорциум Кодекс. URL: http://docs.cntd.ru/document/ 499091761 (дата обращения 19.02.2019).
2. *Akhmadiev V.V., Pashkov N.N.* Economic assessment of transport logistics in international traffic [Text]: Applied and Fundamental Studies / Proceedings of the 4th International Academic Conference. November 29-30, 2013. – St. Louis, Missouri, USA: Publishing House Science and Innovation Center. V2. 2013. – P. 154-156. – ISBN 978-0-615-67126-0.
3. *Кузнецов, А. П.* Методологические основы управления грузовыми перевозками в транспортных системах. – М.: ВИНИТИ РАН, 2002. – 276 с.
4. *Пашков, Н.Н.* Алгебраический метод решения линейной многокритериальной задачи [Текст]: Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2014, № 1 (41). – С. 64-69.
5. *Шапкин И.Н., Вдовин А.Н.* Применение имитационных моделей и инструментов бизнес-анализа в технологии оперативного планирования и управления поездной работой сети железных дорог [Текст]: Бюллетень транспортной информации. – 2012, № 10. – С. 14-20.
6. *Пашков, Н.Н.* Многокритериальная задача оптимизации календарного плана формирования поездов [Текст]: Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом / Материалы Международной научно-практической конференции МГУПС (МИИТ), Москва, 16-17 октября 2014 года // Под общей ред. В.Н. Морозова и Ю.О. Пазойского. – М.: ВИНИТИ РАН, 2015. – С. 44-46.
7. Актуализация Генеральной схемы развития Московского железнодорожного узла. ОАО «РЖД», 2014.– 110с.

КРУИЗНОЕ МОРСКОЕ СУДОХОДСТВО МЕЖДУ РОССИЙСКИМИ ПОРТАМИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Переверзев А.В.
РГГУ
pereverzev_a@inbox.ru

Основываясь на пространственном расположении, Россию – одна из ведущих морских держав мира, имеющей выходы к трем океанам. Морские границы России (без учета присоединения границ Крыма к Российской Федерации) имеют протяженность в 37 636 тысяч км, что в процентном соотношении составляет порядка 62% от общей протяженности границ России (60 932 км). Крайне важно развитие инфраструктуры, связанной с водными ресурсами – внутренними водными путями, морями и океанами.

Развитие круизных морских сообщений повышает привлекательность посещаемых городов и населенных пунктов и способствует мультипликативному эффекту развития сопутствующих отраслей – портовым, судостроительным, судоремонтным организациям, туристским центрам, предприятиям гостиничной и ресторанной индустрии.

В период существования Советского Союза морской транспорт достаточно активно использовался для перевозок пассажиров, но переход российской экономики на рыночные рельсы в некоторых регионах свел пассажирские морские перевозки практически к нулю, в частности по Черному морю.

Благоприятные климатические условия черноморского побережья исторически привлекательны для туристических целей. По данным Федерального агентства по туризму в 2014 году количество гостиниц и других средств размещения в Краснодарском крае составило 1138 объектов, что в процентном соотношении означает более 10% от всех средств размещения, расположенных в России. При этом внутренние пассажирские перевозки с целью отдыха в Черном море отсутствует. Это открывает большую нишу для государства, как на макро, так и на микро уровнях, а также ставит проблему перед экономистами эффективного использования пассажирского флота и портовой инфраструктуры в Черном море.

Исходя из большого неразвитого потенциала черноморских пассажирских туристических перевозок, необходимо ввести термин «внутренние черноморские круизы», который определяется как каботажное плавание по Черному морю с туристическими целями.

В послевоенные годы спрос к черноморским путешествиям имел всесоюзный характер, осуществлялись перевозки между Керчью, Феодосией, Севастополем и Одессой и другими городами на таких судах, как «Победа», «Адмирал Нахимов», «Россия», «Украина». Данное пассажирское сообщение с туристическими целями имело название «Крымско-Кавказская линия». В целом, в 1980-х годах в черноморском регионе осуществляли пассажирские перевозки более 10 судов с ежедневными отправлениями из Одессы. Количество пассажиров в год составляло более 130 тысяч человек.

С распадом СССР Крымско-Кавказская линия прекратила свое существование и по настоящее время внутренние пассажирские маршруты с целью отдыха в Черном море отсутствуют. В начале 90-х годов Черноморское морское пароходство (ЧМП) было выведено из подчинения Министерства морского флота СССР и Министерства речного флота СССР и передано в ведение украинского государства. В связи с тем, что мощности ЧМП были предназначены в большей степени для удовлетворения потребностей плановой экономики СССР, переход на рыночные рельсы 1991 г. деградировал деятельность пароходства до кризисного финансового положения.

Сложившаяся экономическая обстановка привела к простою судов и руководством Украины приняло решение о передаче судов оффшорным компаниям-посредникам с их последующей регистрацией в юрисдикции иностранных государств. Задолженность по кредитам в дальнейшем привели к необходимости продажи многих судов, а некоторые суда ЧПМ были арестованы. Известно, что в 2006 году в отношении пароходства была введена процедура банкротства.

Анализируя современное состояние транспортных сообщений Юга России можно сделать вывод, что Черное море фигурирует в международном транспортном коридоре TRACECA (Transport Corridor Europe — Caucasus — Asia, Европа — Кавказ — Азия), а ряд западных черноморских портов задействован в качестве конечных точек некоторых транспортных коридоров. К ним относятся: Одесса (Украина), Констанца (Румыния), Варна (Болгария), Стамбул (Турция) и некоторые другие. Анализ показывает, что зарубежные черноморские портовые города по настоящее время принимают и круизные суда, осуществляющие регулярные пассажирские перевозки.

К потенциально востребованным для туристов российским черноморским портовым городам в настоящее время можно отнести Новороссийск, Сочи, а также ряд портовых городов полуострова Крым, вошедших в состав Российской Федерации в 2014 году – Севастополь, Ялта, Феодосия. Это подтверждается попыткой возобновления Крымско-Кавказской линии некоторыми компаниями в последние годы.

В 2013 году на рынке появились круизы по маршруту Новороссийск – Сочи – Феодосия – Ялта – Севастополь – Одесса – Новороссийск на теплоходе «Adriana» (под флагом Португалии) от российского туроператора «Экспо-тур» с концепцией отдыха «без виз и загранпаспортов», которые оказались вполне востребованными у россиян. По данным круизной компании «Инфофлот», осуществляющей посредническую турагенсткую деятельность по продаже и продвижению черноморских круизов, количество пассажиров теплохода «Adriana» в навигацию 2013 года составило более 1300 россиян.

Однако во время перехода крымских портов в юрисдикцию России в 2014 году, прием иностранного судна на некоторое время стал невозможен, что повлекло за собой кардинальное изменение как маршрута, так и продолжительности рейсов второй навигации теплохода «Adriana» с необходимостью наличия заграничного паспорта у пассажиров. За данными изменениями последовали массовые обращения потребителей с отказом от приобретенных путевок, что вследствие

стало одной из причин банкротства туроператора «Экспо-тур», организовывавшего данные морские путешествия.

В настоящий период актуальность возобновления круизных маршрутов по Черному морю не потеряла своей значимости, как для транспортной, так и для туристической отрасли России. Социальные факторы характеризуют в целом достаточно благоприятную тенденцию для развития внутренних черноморских круизов, выражающуюся в низком уровне знания иностранного языка среди населения, имиджа небезопасного места для проведения туристических поездок, однако данные факторы не являются основополагающими.

К ключевым тенденциям развития внутренних черноморских пассажирских перевозок относятся:

- увеличение привлекательности круизной индустрии для инвесторов;
- государственная поддержка по соглашениям с соседними странами о безвизовом посещении данных стран российскими пассажирами круизных лайнеров;
- развитие портовой инфраструктуры, отвечающей всем требованиям безопасного и комфортного пребывания пассажиров круизных лайнеров;
- объединение маркетинговых усилий участников круизного рынка и проявление большей активности в популяризации морских круизов российским потребителям.

В сложившейся рыночной ситуации, для осуществления вклада в организацию внутренних черноморских круизов необходимы существенные инвестиции. В целом обстановку на рынке черноморских пассажирских перевозок после присоединения Крыма в состав России можно назвать привлекательной и благоприятной, однако для возобновления пассажирского судоходства между портами России и Крыма необходимо увеличить привлекательность круизной индустрии для инвесторов, развить портовую инфраструктуру и объединить маркетинговые усилия участников рынка для популяризации морских круизов российским потребителям и организации пассажирского сообщения.

ТИПОВЫЕ МОДУЛИ ИМИТАЦИОННОГО РАСЧЕТА КРУПНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ

Петров А.С., Дмитриев Е.О., Николаев К.Ю.

Институт экономики и развития транспорта,
Россия, г. Москва, ул. Новорязанская д.24
petrov.alexey1@gmail.com, dmitrievegr@mail.ru, constantsurety@gmail.com

Аннотация: Предложена методика разработки типовых модулей имитационного расчета крупных железнодорожных узлов в виде вектор-функций в системе ИМЕТРА. Рассмотрены четыре категории типовых модулей по характеру работы железнодорожных станций и развязок. Актуализированы зависимости надёжности работы и задержек на односторонней сортировочной станции.

Ключевые слова: имитационное моделирование, железнодорожные узлы, надёжность, управление потоками, ИМЕТРА.

Введение

Основным инструментом решения задач по получению значений параметров железнодорожных узлов является использование имитационных систем моделирования. Вместе с тем, необходимость ввода значительного количества исходной информации инженером-технологом требует повышения эффективности этого процесса, и поэтому разработка типовых модулей, облегчающих работу с имитационными системами, актуальна.

За последние годы в направлении применения имитационных систем моделирования проведена значительная работа. В результате созданы современные решения поставленных задач, а именно имитационная система ИМЕТРА. Распоряжением [8] утверждена Методика проведения исследования проектов развития железнодорожных станций с использованием аппарата математического моделирования.

Целью имитационного моделирования работы крупных железнодорожных узлов является обоснование инвестиций для обеспечения перевозочного процесса на различных этапах эксплуатации. Для достижения данной цели решаются задачи развития инфраструктуры и технологии работы узла. При сравнении вариантов развития имитационное моделирование может быть применено на предпроектной стадии разработки мероприятий, которые не имеют необходимости в

точном, структурном моделировании такой сложной структуры, как узел. В условиях текущей эксплуатации требуется совершенствование технологии работы узла при сохранении существующего путевого развития, а также разработки функциональных зависимостей параметров перевозочного процесса при различной конфигурации потоков поездов.

Для формализации процесса разработки модели железнодорожного транспортного узла требуется разработать типовые модули имитационной системы. В работе решается задача разработки методологических принципов создания типовых модулей, включающих в себя функциональную структуру и технологию работы.

Основным структурным элементом типового модуля является парк железнодорожной станции, представленный бункером (*n*), характеризующийся рядом параметров, представляемых в виде вектор-функции.

(1) Rбунк(n) = A1(x1…xk(e;lok;br)) + A2(c1;c2(ch)) + A3(nz1…nzx(e))

где $A_1(x_1 \ldots x_k(e;lok;br))$ – группы путей парка (*n*), объединённых общей горловиной, характеризующихся суммарной ёмкостью (*e*), наличием бригад пункта технического обслуживания (*br*) и локомотивом (*lok*); $A_2(c_1;c_2(ch))$ – количество каналов (*ch*) в горловинах ($c_1;c_2$); $A_3(nz_1 \ldots nz_x(e))$ – ёмкость путевого развития (*e*), предназначенная для работы с определённой категорией поездов по типу, длине, назначению плана формирования ($nz_1 \ldots nz_x$).

Бункеры между собой соединяются с помощью соединений (перегон, соединительные пути).

(2) Rсоед(l) = A1(kl(d))

где $A_1(kl(d))$ – соединение (*l*), характеризующееся количеством каналов (*d*) и направлением движения по ним (*kl*).

Технология работы станций определяется на основе технологического процесса их работы методом формализации его элементов, основывающемся на укрупнении однородных групп операций (операции перемещения и без перемещения). Операция технологической цепочки в модели описывается вектор-функций одной скалярной переменной:

(3) Rтехн(t) = A1(x1(p;k); x2) + A2(t) + A3(v) + A4(b) + A5(n1; n2;…; nn)

где $A_1(x_1(p;k); x_1)$ – орта, описывающая маршрут перемещения транспортной единицы или её дислокации, где $x_1(p;k)$ – множество парков станции (*p*), входящих в маршрут следования, и каналов в горловинах парков (*k*); x_2 – множество соединительных путей и перегонов; $A_2(t)$ – орта времени (*t*) занятия элементов или выполнения операции A_1; $A_3(v)$– орта локомотивов, используемых для перемещения, вида (*v*); $A_4(b)$ – орта бригад ПТО вида (*b*), обслуживающих транспортную единицу; $A_5(n_1; n_2; \ldots; n_n)$ – орта назначений (*n*) (видов поездов разной нормы длины).

Операции технологической цепочки перемещения имеют следующее описание вектор-функцией:

(4) Rпер(t) = A1(x1(p;k); x2) + A2(t) + A3(v) + A5(n1; n2;…; nn)

Операции без перемещения имеют следующее описание вектор-функцией:

(5) Rб.пер(t) = A1(x1(p); x2) + A2(t) + A3(v) + A4(b) + A5(n1; n2;…; nn)

Элементы технологической цепочки характеризуют возможные условия, имитирующие диспетчерское руководство – управление очередями.

Сортировочная (участковая) станция в модели представляется в виде системы, включающей в себя следующие бункерные элементы $R_{бунк}(n)$: $R_{бунк}(1)$ парк приёма (ПП), $R_{бунк}(2n)$ – сортировочная горка (СГ), $R_{бунк}(3)$ – сортировочный парк (СП), $R_{бунк}(4)$ – вытяжные пути формирования (ВФ) и $R_{бунк}(5)$ – парк отправления (ПО) на станциях с продольным расположением парков также в схему модели включаются вытяжные тупиковые пути для перестановки составов из ПП на СГ ($R_{бунк}(6)$) или СП в ПО ($R_{бунк}(7)$). Моделирование транспортных железнодорожных узлов неразрывно сопряжено с выделением развязок и соединительных ветвей. Поэтому они отнесены к отдельной группе типовых модулей.

Для типовой пассажирской станции будут характерны бункерные элементы $R_{бунк}(n)$: $R_{бунк}(1)$ - пассажирский парк с перронными путями для поездов дальнего следования (ППД) и $R_{бунк}(2)$ – технический парк для обслуживания и отстоя составов ПДС – являются комплексом обслуживания поездов дальнего следования. $R_{бунк}(3)$– пригородный парк и $R_{бунк}(4)$ – парк отстоя для пригородных поездов – являются комплексом обслуживания пригородных поездов. Если станция обслуживает и грузовое движение, то возможно добавление транзитного парка для грузовых поездов – $R_{бунк}(5)$.

Типовой модуль припортовой станции включает в себя: приёмо-отправочные парки $R_{бунк}(1\text{-}2)$, где происходит приём/отправление поездов категорий $(nz_1 \ldots nz_x)$, осмотр $A_1(b)$ и приёмо-сдаточные операции $A_2(b)$, имеются горловины ($c_1;c_2$), занимаемые во время маневровых операций $A_{16}(x_1(p;k);x_2)$

маневровыми локомотивами $A_1(v)$; районные парки $R_{бунк}(3\text{-}4)$ для более детальной подборки подач вагонов на ряд путей необщего пользования $R_{бунк}(5\text{-}9)$, с характеристиками $A_6(t)$ и $A_6(n_1)$. Бункеры $R_{бунк}(1\text{-}4)$, обладают $x_1 \ldots x_k(e;lok;br)$, $c_1;c_2(ch)$, $nz_1 \ldots nz_{11}(e)$, бункеры $R_{бунк}(5\text{-}9)$ имеют $x_1(e;lok)$, а также $c_1(ch)$ и $nz_x(e)$. При этом система расформирования и формирования поездов включает в себя элементы сортировочного модуля – $R_{бунк}(10)$ сортировочная горка (СГ), $R_{бунк}(11)$ сортировочный парк (СП), и $R_{бунк}(12)$ вытяжные пути формирования (ВФ).

В целях решения задачи по определению надёжности работы комплекса расформирования (H) и задержек ($t_з$), возникающих при различных конфигурациях входящего потока в расформирование и формируемого потока, проведён ряд экспериментов. Также получены зависимости для модели, включающих развязку противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе к сортировочной станции.

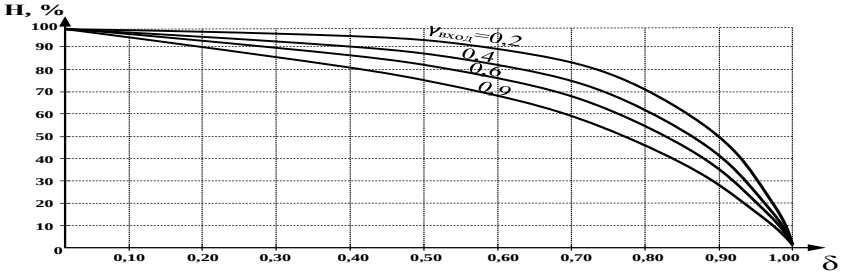


Рис. 1. Номограмма для определения надёжности (H) работы комплекса расформирования в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (δ) и загрузки входного участка $\gamma_{вход}$ (с развязкой противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе)

Выводы

Изменение объёмов перевозок на сети железных дорог России вызывает необходимость проработки вариантов развития инфраструктуры крупных железнодорожных узлов и сравнение вариантов изменения технологии работы узла. Средством решения данных задач на различных этапах эксплуатации является имитационное моделирование посредством системы ИМЕТРА. В работе предложена методика разработки типовых модулей имитационного расчета крупных железнодорожных узлов с описанием структуры и технологии работы модели в виде вектор-функций. Рассмотрены четыре типа типовых модулей: сортировочная (участковая), пассажирская, припортовая (грузовая) станции, а также развязки и соединительные ветви. Выполнена актуализация зависимостей надёжности работы комплекса расформирования и задержек на односторонней сортировочной станции. Основной научный вклад работы заключается в разработке типовых модулей имитационного расчета крупных железнодорожных узлов и нахождении новых расчётных зависимостей, полученных посредством имитационного моделирования. Полученные результаты внедрены при разработке Инструктивных указаний по организации вагонопотоков [10].

Двойственную технико-технологическую природу узла (подразделения железнодорожной сети) характеризуют, с одной стороны, компоненты типовой инфраструктуры и железнодорожных операций и, с другой стороны, уникальные технико-технологические особенности. В работе предложено усовершенствование процесса разработки и отладки моделей сложных узлов с помощью компоновки типовых модулей из конструктора и последующей настройки технологических процессов с учетом индивидуальных особенностей работы узла, что позволяет ускорить разработку модели и повысить её качество. Моделирование управления продвижением потоков в модели будет рассмотрено в самостоятельной публикации.

Литература

1. *Козлов П.А., Колокольников В.С., Сорокин В.И.* Совместное использование аналитических методов и имитационных моделей. – Транспорт Урала, 2016. - № 3. – С. 3 – 8.
2. *Под ред. Скалова К.Ю., Стефаненко М.Н., Попова Н.Ф.* Транспортные узлы (Определение мощности устройств). – М.: Транспорт, 1985. – 200 с.
3. *Правдин Н.В., Банек Т.С., Негрей В.Я. и др.* Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) – М.: Транспорт, 1984. – 296 с.
4. *Маслов А.М.* Технико-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока диссертация
5. *Лещинский Е.* Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1977.– 176 с.

6. *Бородин А.Ф.* Эффективно использовать станционные мощности. // Железнодорожный транспорт, 2006. - № 6. – С. 37–43.
7. *Козлов П.А., Набойченко И.О.* Исследование на макромодели полигона при организации тяжеловесного движения. – Моделирование транспортных процессов, 2016. - № 1. – С. 104 – 109.
8. Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования / ОАО «РЖД»: [Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» N 2р от 09.01.2018 г.]. – М., 2018. – 75 с.
9. *Козлов П.А., Тушин Н.А., Пермикин В.Ю., Слободянюк И.Г.* Технология макромоделирования транспортных узлов. – Транспорт Урала, 2014. - № 3. – С. 3 – 6.
10. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» / Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» N 2872р от 29.12.2018 г. [Текст]. М., 2018. – 548 с.

РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИИ С УЧЕТОМ КОНЪЮНКТУРЫ ТОВАРНЫХ РЫНКОВ

Подсорин В.А., Овсянникова Е.Н.

Российский университет транспорта, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.
podsorin@mail.ru, elena-ovs.21@yandex.ru

Аннотация: в статье рассмотрены динамика конъюнктуры товарных рынков, как ключевого фактора реализации государственной инвестиционной политики в области развития инфраструктуры железнодорожного транспорта, основные тенденции изменения конъюнктуры транспортного рынка в системе показателей развития транспортного комплекса, выявлены тенденции развития товарных рынков для целей оценки конъюнктуры.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, экспорт, импорт, конъюнктура, конъюнктура товарного рынка, конъюнктура транспортного рынка, государственная инвестиционная политика, основной капитал, основные средства, управление, эффективность, инфраструктура.

Для создания условий развития железнодорожной инфраструктуры России и перехода на инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики необходимо эффективное функционирование железнодорожного транспорта. От состояния и качества работы железнодорожного транспорта зависят не только перспективы дальнейшего социально-экономического развития, но также возможности государства эффективно выполнять такие важнейшие функции, как защита национального суверенитета и безопасности страны, обеспечение потребности граждан в перевозках, создание условий для выравнивания социально-экономического развития регионов [1].

Реализация поставленных государством задач и ключевых инициатив позволит ОАО «РЖД» в значительной степени увеличить основные количественные, качественные и финансово-экономические показатели. Погрузка на сети ОАО «РЖД» с 2018 по 2025 год по оптимистичному сценарию увеличится на 30,1% до 1 677,4 млн тонн. Росту погрузки будет способствовать увеличение грузовой базы широкой номенклатуры грузов. Например, погрузка химических и минеральных удобрений к 2025 году увеличится на 44,4% до 85,5 млн тонн, погрузка лесных грузов составит 61,4 млн тонн, что на 34,4% выше уровня 2018 года, погрузка черных металлов вырастет на 23,6% до 96,5 млн тонн. Общий размер инвестиционной программы железнодорожного транспорта в 2019-2025 годах составит по оптимистичному сценарию 9 773,3 млрд руб., из них ОАО «РЖД» – 5 786,5 млрд руб.

В современных условиях эффективный транспортный комплекс страны способен стать «локомотивом» российской экономики, способствовать созданию условий для инновационного развития страны, формируя спрос на высокотехнологичную инновационную технику и современные эффективные технологические решения [7]. В тоже время, конъюнктура товарных рынков оказывает влияние на развитие железнодорожной инфраструктуры, транспортные и логистические процессы, повышение производительности работы технических систем и эффективность использования производственных ресурсов, минимизацию расхода ресурсов и производственных потерь, повышение объективности оценки конкурентоспособности на рынке транспортных услуг, детализацию динамики и характер изменения цен, емкость рынка, объемы производства и потребления, оценку прогнозных данных динамики и развития товарных рынков, цен на них, географию потребления и т. д. [8]

Основными показателями, характеризующими это влияние являются грузооборот, объем перевозок грузов, объем добычи массовых грузов.

За прошедшие годы грузооборот на транспорте в России увеличивался. В 2018 году он составил 5 594,5 млрд т-км, что на 20,3% выше уровня 2010 года. На фоне его роста доля железнодорожного транспорта только увеличивалась. Так, в 2010 году она составляла 42,3%, а в 2018 году выросла до 46,1%, составив 2 596,4 млрд. тарифных т-км. Без учета транспортировки по трубопроводам доля железнодорожного транспорта еще более значительна – 87,4%. Рост значения железнодорожного транспорта связан с произошедшими за последние годы изменениями структуры грузовой базы и географии перевозок [3], [4], [5].

Объем перевозок за 8 лет с 2010 года вырос на 83,8 млн. тонн (+7%), однако динамика характеризовалась разнонаправленными трендами. Так, рост погрузки в 2010-2012 годах был в первую очередь связан с восстановлением экономики после мирового экономического кризиса. С 2012 года по 2015 год наблюдается неуклонное снижение объемов перевозок по сети железных дорог, связанное в первую очередь с неблагоприятной мировой экономической конъюнктурой и рецессией в России. Объем перевозок в данный отрезок времени снизился на 57,8 млн. тонн. Наблюдаемый в последние годы рост объемов перевозок (+75,5 млн. тонн) обеспечивается благоприятной конъюнктурой на внешних рынках, способствуя экспортным отправкам.

В свою очередь грузооборот по сети железных дорог показывает стабильную положительную динамику. С 2010-2018 года тарифный грузооборот увеличился на 585,8 млрд. т-км, несмотря на небольшое снижение в 2013 году (-25,9 млрд. т-км) по сравнению с 2012 годом. Стоит отметить, что в 2018 году был установлен исторический рекорд грузооборота за всю историю железнодорожного транспорта России (2596,4 млрд. т-км).

В современном экономическом механизме управления транспортным комплексом традиционного анализа грузооборота и объема перевозок грузов недостаточно. Необходимо анализировать конъюнктуру товарных рынков. При этом анализ товарной структуры перевозок должен быть дополнен анализом экспорта и импорта, что способствует определению тенденции развития транспортных связей с учетом мировых товарных рынков [9].

Первое место по добыче массовых грузов занимает нефть добытая, включая газовый конденсат, в 2014 году его объемы составили 526,2 млн. тонны и с каждым годом наблюдается значительный прирост. Второе место по добыче, безусловно, занимает категория строительные грузы, с 2014 года их объемы производства выросли на 46,1 млн. тонн. Также железнодорожным транспортном перевозятся каменный уголь (в 2018 году объем добычи составил 439,3 млн. тонн), зерно (объем прироста по добыче с 2014 года составил 17%), руда железная и марганцевая (в 2018 году объем добычи составил 76,1 млн. тонн). Положительная динамика так же наблюдается у цветной руды и серного сырья, удобрения минеральные или химические и кокс (объем прироста по добыче с 2014 года в среднем составил 5%).

В структуре перевозок грузов на железнодорожном транспорте лидирует категория груза каменный уголь и занимает на протяжении 5 лет более 29 %. Категория груза нефть добытая, включая газовый конденсат занимает второе место с долей в среднем 18%. Российская нефтяная отрасль функционирует в рамках действия соглашения между странами ОПЕК и независимыми производителями о сокращении добычи и мониторинге экспорта нефти. Одной из причин снижения грузовой базы нефтяных грузов на железнодорожном транспорте является активное развитие трубопроводного транспорта. На третьем месте находятся строительные грузы с долей в общей структуре перевозок грузов в среднем 10%. С 2014 по 2018 год объемы перевозок минерально-строительных материалов сокращаются. Причина этого заключается в завершении строительства основных объектов в Сочи и отсутствием альтернативных крупных инфраструктурных проектов.

С 2014 по 2018 год объем перевозки химических и минеральных удобрений на сети ОАО «РЖД» увеличился на 10 млн. тонн. Объем перевозки зерна и продуктов перемола на железнодорожном транспорте с 2014 по 2018 год увеличился на 33,6% до 27,4 млн тонн. Основной рост грузовой базы наблюдался за последние два года, когда перевозки зерна и продуктов перемола выросли на 30,6% или на 8,4 млн. тонн. Росту перевозки способствовал рекордный урожай зерновых в России (в 2017 году валовый сбор зерна составил 135,4 млн тонн), решение о предоставлении скидок в рамках тарифного коридора на перевозку зерновых грузов, конъюнктура внешнего рынка, проводимая работа по расширению географии экспорта российского зерна. Грузовая база зерновых напрямую зависит от урожая, размеры которого труднопрогнозируемы.

В структуре грузооборота основных массовых грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, лидирует каменный уголь. С каждым годом его доля в общей структуре грузооборота

массовых грузов увеличивалась и к 2018 году достигала 43%. Категория груза нефть добытая, включая газовый конденсат стабильно на протяжении 5 лет с 2014 года неуклонно снижалась. Так в 2014 году ее доля в общем грузообороте составила 21%, в 2016 году 18%, а в 2018 году уже 15,7%. Данное снижение может быть связано с переориентацией груза на трубопроводный транспорт. Строительные грузы занимают третье место, с 2013 года их доля в общей структуре грузооборота увеличивалась в среднем на 7%. Руда железная и марганцевая, несмотря на низкий показатель в 2014 году (114,9 млрд. т-км) показала резкий прирост в 2016-2018 годах (51,3 млрд. т-км). Остальные грузы в целом показали положительную динамику за указанный период: удобрения минеральные или химические (+6,8% к 2018 году), руда цветная и серное сырье (+10% к 2018 году), зерно (+12,6% к 2018 году), кокс (+10,1%).

В связи с вышеуказанным требуется развитие железнодорожной инфраструктуры. До 2025 года планируется реализация следующих основных проектов по развитию железнодорожной инфраструктуры [1]: развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона с целью ликвидации «узких мест» на участках Восточного полигона для обеспечения дополнительного объема перевозок грузов российских компаний; развитие железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна с целью обновления железнодорожной инфраструктуры для создания провозной способности к 2020 году на ближних и дальних подходах к портам Азово-Черноморского бассейна (АЧБ); развитие железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Северо-Запада России с целью освоения прогнозируемого объема перевозок грузов на подходах к портам Северо-Западного бассейна (СЗБ); проект создания и эксплуатации инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования «Обская – Салехард – Надым» с целью сокращения протяженности транспортных маршрутов от месторождений в северных районах Западной Сибири до портов Балтийского, Белого, Баренцева и Карского морей; проект создания и эксплуатации железнодорожной линии общего пользования «Элегест – Кызыл – Курагино» с целью освоения минерально-сырьевой базы Республики Тыва и обеспечения транспортной доступности Элегестского каменноугольного месторождения для вывоза перспективной грузовой базы и др.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- Основные методы развития железнодорожной инфраструктуры России с учетом конъюнктуры товарных рынков при обновлении и модернизации инфраструктурного комплекса железнодорожного транспорта в России базируются на моделях прямого централизованного регулирования. К ним относятся реализация проектов, связанных с выполнением поручений Правительства РФ (более 210 млрд руб. в 2018 г.).
- Изучение конъюнктуры транспортного рынка способствует оптимизации эффективности использования технологических и логистических операций, повышению производительности работы технических систем и эффективности использования производственных ресурсов, минимизации расхода ресурсов и производственных потерь, повышению объективности оценки конкурентоспособности на рынке транспортных услуг, детализации динамики и характера изменения цен, емкости рынка, объемов производства и потребления.
- В настоящее время развитие инфраструктуры не учитывает динамику изменения товарных рынков. Так, в ближайшей перспективе будут реализованы следующие проекты: модернизация Байкало-Амурской магистрали и Транссибирской магистрали, освоение подходов к портам Азовского моря, Черноморского и Северо-Западного бассейна, развитие инфраструктуры Московского транспортного узла, комплексная реконструкция участка Подмосковной железной дороги, строительство Северной широтной железной дороги и др. При этом требуется разработать механизм учета влияния на развитие этих проектов конъюнктуры товарных рынков.

Литература

1. Стратегия развития холдинга "РЖД" на период до 2030 года [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://doc.rzd.ru/doc/public/ru%3FSTRUCTURE_ID%3D704%26layer_id%3D5104%26id%3D6396 Инвестиционная деятельность [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=35

2. Годовые отчеты ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.rzd.ru – официальный сайт ОАО «РЖД».

3. Официальная статистика. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/world16.pdf

4.*Терешина Н.П., Подсорин В.А., Овсянникова Е.Н.* Исследование конъюнктуры транспортного рынка в условиях цифровизации процессов управления [Текст] // Журнал «Экономика железных дорог», №6 –– 2018. – С. 15-18.

5. *Подсорин В.А., Овсянникова Е.Н.* Оценка влияния конъюнктуры мирового рынка на функционирование и развитие транспортной компании [Текст] // Сборник «Экономика, инновации и научные исследования в транспортном комплексе региона: проблемы и перспективы развития»: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под ред. А.Н. Кобылицкого: Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения– 2017. – С. 245-248.

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Потехин А.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия,г. Москва , ул. Профсоюзная д.65
an_pot@mail.ru

Разрабатывается дискретно-событийная система управления верхнего уровня автономным мобильным роботом. Исходная система управления роботом задана множеством компонент нижнего уровня (движение к цели, обход препятствий и т. д.). Каждой компоненте сопоставлен управляющий конечный автомат. Координация и синхронизация компонент осуществляется с помощью связей конечных автоматов. Каждой компоненте находится множество компонент постусловий и множество компонент предусловий. Взаимодействие компонент изображается в виде фрагментов сети Петри. Соединение фрагментов образует сеть Петри, которая является дискретно-событийной системой моделирования и управления верхнего уровня автономного мобильного робота.

Ключевые слова: автономный робот, дискретно-событийная модель управления верхнего уровня, сеть Петри.

Введение

Разработке и исследованию методов и стратегий движения автономных мобильных роботов в загруженных препятствиями пространствах и среди людей посвящены многие работы [1]. При этом система управления мобильным роботом, вне зависимости от его функциональной природы, состоит из отдельных взаимодействующих компонент, содержащих описание процедур непрерывных процессов (например, обход препятствия, движение к цели и т. д.). [2]. Каждая компонента нижнего уровня содержит формальную процедуру общения с внешней средой робота (например, в виде программы или алгоритма). Очень важно: функционирование каждой компоненты можно точно описать независимо от других компонент, за исключением взаимодействия компонент друг с другом. Для описания их взаимодействия обычно вводятся состояния компоненты. В простейшем случае состояния компоненты представляется конечным автоматом с двумя состояниями: рабочее и нерабочее. Даже в этом случае последовательно-параллельное взаимодействие компонент в системе управления мобильным роботом создает определенные трудности при моделировании системы управления робота.

В статье разработан автомат, моделирующий функционирование широкого класса компонент системы управления роботом нижнего уровня. Исходим из того, что каждая компонента нижнего уровня может находиться в одном из следующих состояний: начальном (процедура не активна), рабочем (осуществляется процесс обработки входной информации и выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы робота), и состояние окончания функционирования процедуры (цель достигнута, обход препятствия закончен).

На рисунке 1 изображен граф переходов автомата, содержащий состояния и переходы некой компоненты, обозначим ее как *A*.

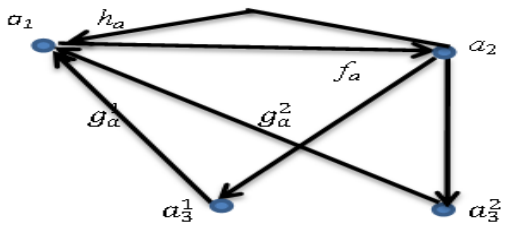


Рис. 1. Граф переходов автомата, моделирующий функционирование компоненты А робота

Состояние a1 – начальное состояние, состояние a2 – рабочее состояние компоненты. Состояние окончания работы процедуры обозначим как a3 Возможно, что процедура имеет два и более различных состояний окончания работы. Так на рисунке 1 показаны два состояния окончания работы - a 31 , a 32 . Важнейшим элементом автомата является состояние окончания работы процедуры A, это состояние a.3. Это короткое по времени состояние по сравнению с длительностью работы процедуры A (состояния a2). В теории дискретно-событийных систем (DES) это состояние соответствует неуправляемому ожидаемому событию. Сопоставим состоянию окончания работы процедуры A логическую переменную *a*. От переменных типа *a* зависят значения логической функции запуска процедуры (функция *f*). В состоянии a_2 определим логическую переменную, соответствующую началу работы процедуры, обозначим ее как a_2 . Функции g^1, g^2 - логические функции переменных типа a2. Логическая функция сброса в начальное состояние (функция h) зависит от переменных типа a и a2.

Рассмотрим пример взаимодействия двух процедур A и B. Пусть после окончания работы процедуры A запускается процедура B, затем после окончания процедуры B запускается процедура A, затем процесс повторяется. Обозначим этот процесс как A→B→A. Автомат процедуры A имеет состояния a1 , a2 , a3., автомат процедуры B имеет состояния b1, b2 , b3.. Функции переходов автоматов имеют вид:

$f_b = a$, $g_a = b_2$, затем $f_a = b$, $g_b = a_2$, затем $f_b = a$ и т. д.

В теории сетей Петри [3] этот процесс представляется, как выполнение предусловия *A* (фишка в позиции A), затем при $a = 1$ выполняется переход фишки в позицию *B*, затем при $b = 1$ выполняется переход фишки в позицию *A* и т. д. Сеть Петри этого процесса показана на рис.2.

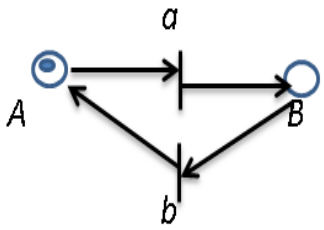


Рис.2. Сеть Петри для процесса A→B→A.

В случае, когда после окончания процедуры *A* происходит запуск процедур *B* и *C*, обозначим это как ($A \rightarrow B\ C$). Соответствующий фрагмент сети Петри показано на рис.3.

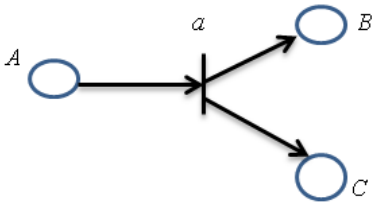


Рис.3. Фрагмент сети Петри для случая $A \rightarrow (B\ C)$

Функции переходов автоматов *A, B ,C* имеют вид:

$f_b = a$, $f_c = a$, $g_a = b_2\, c_2$

В случае, когда после окончания процедуры *A* происходит запуск процедур *B* или *C*, обозначим это как $A \rightarrow (B \vee C)$.

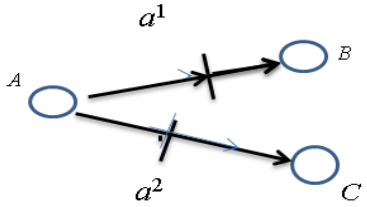


Рис.4. Фрагмент сети Петри для случая $A \rightarrow (B \vee C)$

В этом случае автомат компоненты *A* имеет два состояния окончания - a^1 и a^2. Соответствующие функции переходов автоматов *A, B, C* имеют вид:

$f_b = a^1$, $f_c = a^2$, $g^{1}_{a} = b_2$, $g^{2}_{a} = c_2$

Общий случай: А→ (В С ∨ Д Е).

$f_b = f_c = a^1$, $f_д = f_e = a^2$, $g^{1}_{a} = b_2 c_2$, $g^{2}_{a} = д_2 e_2$

В теории сетей Петри эти случаи соответствуют ситуации, когда процедура *A* является предусловием, а остальные процедуры являются процедурами - постусловиями. Аналогично, находим множество компонент - предусловий для компоненты – постусловия А.

Таким образом, идея предлагаемого подхода: каждой компоненте робота находится множество компонент - постусловий и множество компонент - предусловий. Строим соответствующие фрагменты в виде сетей Петри. Соединение фрагментов образует сеть Петри, которая является дискретно-событийной системой моделирования и управления верхнего уровня автономного мобильного робота.

Литература

1. *Браништов С.А., Харланова П.А., Байбакова О*.А. Проблемы движения мобильных роботов в скоплениях. Труды MLSD18, Москва, ИПУ РАН, 2018г.
2. *Gayan W. Gamage, George K. I. Mann and Raymond G.* Gosine. Discrete Event Systems based Formation Control Framework to Coordinate Multiple Nonholonomic Mobile Robots //
The 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems October 11-15, 2009 St. Louis, USA
3. *Дж. Питерсон*. Теория сетей Петри и моделирование систем. М., Мир, 1984.г. 264 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАКЕТОВ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Савушкин С.А.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, г. Москва, Россия
ssavushkin@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены факторы, управляющие действиями субъектов транспортного процесса при формировании и исполнении пакетов транспортных услуг. Приводятся математические определения и постановки задач, лежащие в основе алгоритма моделирования пакетов заказов транспортных услуг. Ставится и решается задача минимизации перемещений для выполнения заданного пакета заказов.

Ключевые слова: моделирование, транспорт, услуга, компания, каталог, качество, логистика, алгоритм, симплекс-метод, пакет

Выполнение комплексных транспортных услуг с высоким уровнем логистики требует согласованных действий нескольких компаний или подразделений компании. С другой стороны, процесс цифровой трансформации, переход к цифровой экономике и цифровому транспорту [1] предполагает изучение и систематизацию моделей и механизмов такого взаимодействия. Одним из направлений такого взаимодействия является группировка однотипных базисных услуг в пакеты услуг, исполнение которых может дать экономию, по сравнению с тем, если исполнять эти услуги по отдельности.

В работе [2] строятся модели потока движения в крупномасштабной мультимодальной транспортной сети, рассматриваются вопросы оптимизации ее производительность. В статье [3] рассматривается проблема транспортировки в мультимодальной сети с возможностью слияния и разделения потоков. Проблемы планирования и составления графиков для удовлетворения спроса на железнодорожные перевозки, алгоритмы объединения требований в блоки, закрепление блоков за поездами, функционирование звездообразной транспортной системы, состоящей из узлов и связывающих путей «спиц» рассмотрены в [4]. В статье [5] рассмотрена проблема перераспределения порожних грузовых вагонов. Учитывается не только стоимость отправки вагонов из пункта отправления в пункт назначения, но и стоимость операций в узлах сети, которая зависит от количества отправленных групп вагонов. Проблемы размещения порожних грузовых вагонов, оптимизации размеров парка вагонов рассматриваются в [6]. Предлагается задача целочисленного линейного программирования для определения оптимального компромисса между количеством грузовых вагонов и затратами, связанными с распределением порожних транспортных средств. Методы исследования операций применяются в [7] для решения задач устойчивого планирования в сложной транспортной системе. Решается задача перехода от начального пункта до пункта

назначения через другие промежуточные пункты, через которые проходят маршруты между двумя пунктами. В многоцелевой задаче оптимизации лицо, принимающее решение, получает возможность эффективного выбора лучшего маршрута по компромиссу между критериями, такими как минимизация стоимости перевозки, продолжительности перевозки, максимизация качества обслуживания и др.

Подходы к цифровой трансформации на транспорте, связанные с построением интеллектуального каталога транспортных услуг изложены в [8]. Процесс передачи услуг в цифровой каталог является трудоемким и в [9] рассматриваются вопросы его оптимизации. Вопросы оптимизации структур управления, общие вопросы методологии, разработки и экспертизы больших транспортных систем рассматриваются в [10-11].

Логистическая компания является исполнителем по отношению к грузоотправителю и заказчиком по отношению к перевозчику. Взаимодействуя с грузоотправителями, она формируют пакеты комплексных мультимодальных транспортных услуг. После их декомпозиции и перегруппировки формируются пакеты базовых услуг, которые, далее, исполняются перевозчиками. При формировании пакета заказов исполнителя в ходе взаимодействия с заказчиком должны быть согласованы требования к стоимости перевозки груза и к значениям показателей качества доставки груза.

Пусть имеется список $\{(w_i, t_i, u_i, v_i)\}$ заказов, где $i = \overline{1,n}$ – номер заказа, на перевозку грузов из пункта u_i в пункт v_i, который начинает выполняться в момент времени отправления t_i, объем груза - w_i, n – число заказов. Будем считать, что имеется функция предпочтений грузоотправителя $g_i = g_i(d_i, w_i, l_i, K_i)$, где d_i - стоимость заказа, l_i – расстояние перевозки, K_i – интегральный показатель качества исполнения услуги, полученный, например, сверткой всех частных показателей. Свои требования к качеству логистические компании вырабатывают на основе требований грузоотправителя.

Пусть имеются m исполнителей. Будем считать, что для i–го заказа с j–м исполнителем предварительно согласованы значения стоимости d_{ij} и уровня качества K_{ij}. Необходимое условие того, что сделка для заказчика приемлема, задается неравенством: $g_i(d_{ij}, w_i, l_i, K_{ij}) \geq 0$. В противном случае, считаем, что заказчик отказался от данного исполнителя, например, выбрал другого исполнителя или другой вид транспорта.

Множество $\overline{J}_i$ наилучших из приемлемых исполнителей, которым заказчик готов предложить i–й заказ и пакет предложений $\overline{I}_j$ для j–го исполнителя определяются формулами (1):

(1) $$\overline{J}_i = \arg\max_{j \in J_i} g_i(d_{ij}, w_i, l_i, K_{ij}),\ i = \overline{1,n},\ \overline{I}_j = \{i : j \in \overline{J}_i\},\ j = \overline{1,m}.$$

Исполнение пакета заказов по единому плану в ряде случаев позволяет использовать производственные возможности более эффективно, чем исполнение заказов независимо. Перевозчики оптимизируют перемещения транспортных средств, а логистические компании могут повысить эффективность, например, группируя мелкие отправки. Обозначим P – предикат, определяющий наличие такого плана и будем писать Pj(I)=true или просто Pj(I), если такой план для пакета заказов I имеется.

Если выполнение пакета заказов производится по единому плану, то оценить затраты, а значит и прибыль отдельных заказов может оказаться невозможным. Прибыль, получаемая j–м исполнителем от всего пакета, вычисляется по формуле: $f_j(I_j) = \sum_{i \in I_j} f_{ij} - r0_j = \sum_{i \in I_j} d_{ij} - r_j(I_j) - r0_j,\ j = \overline{1,m}$, где $r_j(I_j)$ - затраты исполнителя на выполнение всего пакета заказов; $r0_j$ - затраты на обеспечение основной деятельности компании. Приемлемым пакетом для j–ой компании может считаться пакет $\overline{\overline{I}}_j$, для которого выполняется условие формулы (2):

(2) $$f_j(\overline{\overline{I}}_j) \geq 0,\ j = \overline{1,m}.$$

Задача формирования максимально прибыльного пакета заказов решается как задача оптимизации (3) с ограничениями (2), (4). Эта задача является одним из вариантов «задачи о ранце», которая является NP-сложной.

(3) $$f_j(\overline{\overline{I}}_j) \xrightarrow[\overline{\overline{I}}_j \subseteq \overline{I}_j,\ P_j(\overline{\overline{I}}_j)]{} \max,\ j = \overline{1,m}.$$

Для поддержания нормального ритма работы компании, при выполнение пакета заказов, необходим некоторый минимальный объем денежных средств $D_j^{\min}$. Объемы расходов не должны превышать некоторое допустимое значение $r_j^{\max}$. Условия нормального ритма работы j–й компании при выполнении пакета $\overline{\overline{I}}_j$ можно записать в виде следующих неравенств (4):

(4) $$\sum_{i \in \overline{\overline{I}}_j} d_{ij} \geq D_j^{\min},\ r_j(\overline{\overline{I}}_j) \leq r_j^{\max},\ j = \overline{1,m}.$$

После того как исполнители сформировали свои пакеты заказов, множество исполнителей $\overline{\overline{J}}_i$, которые готовы выполнить *i*–й заказ определяется формулой: $\overline{\overline{J}}_i = \left\{ j = \overline{1,m} : i \in \overline{\overline{I}}_j \right\},\ i = \overline{1,n}$.

На основе приведенных определений и формул разработан алгоритм моделирования взаимодействия заказчиков с исполнителями, в ходе которых формируются пакеты заказов, а также определяются заказы, которые не могут быть выполнены. Задачу планирования исполнения пакета заказов рассмотрим на примере планирования перемещения порожних железнодорожных вагонов (или других транспортных средств) по транспортной сети. Обозначим *U* – множество вершин графа транспортной сети. Будем рассматривать задачу перемещений на дискретном временном отрезке длины *T*, состоящем из дискретных моментов времени, обозначаемых целыми числами *{1,..,T}*.

Пусть дан пакет заказов $\overline{I}_j$ *j*-ой компании. Потребности в порожних вагонах или их избыток можно выразить с помощью матрицы балансов для данного пакета. Элементами этой матрицы являются значения β_u^t для каждого момента времени *t* и каждого узла сети *u*, вычисляемые по формуле: $\beta_u^t = \sum_{k \in \overline{I}_j, v_k = u, t_k + t(u,v) \leq t} w_k - \sum_{k \in \overline{I}_j, u_k = u, t_k \leq t} w_k$, $u \in U, t = \overline{1,T}$, где *t(u,v)*- время перемещения между вершинами сети *u* и *v*. Обозначим: x_{uv}^t – количество порожних вагонов, отправляемых в момент времени *t* из пункта *u* в пункт *v*, $z_u, u \in U$ - распределение порожних вагонов по узлам сети в начальный момент времени. Минимально необходимое количество вагонов и их распределение по сети можно определить, решив задачу оптимизации (6) при ограничениях (5):

(5) $$\sum_{v \in U} \left(\sum_{\tau \leq t} x_{uv}^{\tau} - \sum_{\tau \leq t - t(u,v)} x_{vu}^{\tau} \right) - z_u \leq \beta_u^t,\ u \in U, t = \overline{1,T}.$$

(6) $$\sum_{u \in U} z_u \xrightarrow[z_u,\, x_{uv}^t : u,v \in U,\, t = \overline{1,T}]{} \min.$$

Для обеспечения возможности вагонного парка *j*-й компании выполнения данного пакета заказов должны выполняться ограничения (5) при известных значениях $z_u, u \in U$. Элементы матрицы балансов в этом случае равны: $z_u + \beta_u^t,\ u \in U, t = \overline{1,T}$. Формула (7) описывает задачу минимизации перемещений порожних вагонов:

(7) $$\sum_{u,v \in U} \left(\sum_{t=1}^{T} x_{uv}^t \right) * t(u,v)) \xrightarrow[x_{uv}^t : u,v \in U,\, t = \overline{1,T}]{} \min.$$

В приведенных постановках задач обычный симплекс-метод дает целочисленные решения. Выполнен расчет модельного примера, иллюстрирующего алгоритмы формирования пакетов и планирования исполнения.

Исходя из количества вагонов, количества перемещений вагонов и полученного дохода можно оценить эффективность компаний. Дальнейшее развитие модели предполагает изучение механизмов перетекания заказов от менее эффективных к более эффективным компаниям с изменением стоимости, перетекания вагонов из компаний с малым числом заказов к компаниям с большим числом заказов. Многократное решение данной задачи позволяет исследовать динамику этих процессов при различных начальных условиях.

Литература

1. Malygin I., Komashinsky V., and Tsyganov V. "International Experience and Multimodal Intelligent Transportation System of Russia". Proceedings of the 2017 Tenth Conference "Management of Large-Scale System Develop-

ment". Moscow: IEEE, 2017. pp. 1-5. http://ieeexplore.ieee.org/document/8109658/
DOI**:** 10.1109/MLSD.2017.8109658.
2. Kwami Sossoe. Modeling of multimodal transportation systems of large networks. Automatic Control Engineering. Université Paris-Est, 2017. English. <NNT : 2017PESC1196>. <tel-01748442>.
3. Moccia, Luigi & Cordeau, Jean-François & Laporte, Gilbert & Ropke, Stefan & Maria Pia, Valentini. (2011). Modeling and Solving a Multimodal Transportation Problem with Flexible-time and Scheduled Services. Networks. 57. 53-68. 10.1002/net.20383.
4. Berg, Sven and Dieter Veldhuis. "Demand-to-Train Allocation in a Hub-and-Spoke Network." (2014).
5. Joborn et al.: Freight Car Distribution in Scheduled Railways Transportation Science 38(2), pp. 121–134, ©2004 INFORMS
6. Hungerländer, Philipp and Sebastian Steininger. "Fleet Sizing and Empty Freight Car Allocation." (2018).
7. Mnif, M. and Bouamama, S. A Multi-objective Mathematical Model for Problems Optimization in Multi-modal Transportation Network. DOI: 10.5220/0006472603520358 In Proceedings of the 14th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2017) - Volume 1, pages 352-358 ISBN: 978-989-758-263-9
8. V. V. Tsyganov and S. A. Savushkin, "Intellectual Catalog of Digital Rail Transport Services," *2018 Global Smart Industry Conference (GloSIC)*, Chelyabinsk, Russia, 2018, pp. 1-8. doi: 10.1109/GloSIC.2018.8570150
9. Tsyganov V., and Savushkin S. Optimization of the Service Catalog of a Large-Scale Corporation/ Proceedings of 2017 Tenth Conference "Management of Large-Scale System Development". Moscow: IEEE, 2017. pp. 1-5. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109699
10.S. A. Savushkin, "Equalization of Management Complexities of Transport Networks," 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD, Moscow, Russia, 2018, pp. 1-5. doi: 10.1109/MLSD.2018.8551787
11. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза - СПб: ИПТ РАН, 2016.-216с (ISBN 978-5-9908209-3-7).

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Сакульева Т.Н.

Государственный Университет Управления, Россия, г. Москва, Рязанский проспект, д. 99
sakulyeva_tn@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются проблемные вопросы подвижности населения крупных городов, различные подходы к ее изучению, анализируются методы изучения подвижности населения. Характер подвижности населения в современном городе усложнился. Существует множество альтернативных способов передвижения по городу и их сочетаний. Применение различных методов исследования мобильности – обычная практика в многих странах, городах, районах, которая обеспечивает сбор важной информации для развития транспортных систем.

Ключевые слова: подвижность населения, крупные города, транспортная мобильность, транспортная доступность, общественный транспорт, пассажиры, транспортные средства.

Введение

Основной целью, с которой изучается подвижность населения, являются ответы на следующие вопросы: Куда перемещается человек? На чем перемещается человек? Зачем перемещается человек? Сколько времени занимает его перемещение?

На протяжении тысячелетий в крупных городах одной из основных проблем была возможность передвижения. Передвижение – это перемещение людей от пункта отправления до пункта назначения. Потребность в передвижении основана на возможностях, предоставляемых транспортом, и побуждает общество к дальнейшему развитию.

1 Подходы к изучению подвижности населения

Исследователи стараются собрать максимально полную информацию о транспортных потоках. Для этого можно фиксировать внешние характеристики – цели поездок, использование транспортных средств, преодолеваемое расстояние и затрачиваемое время, то есть собирать транспортную статистику и выявлять усредненные показатели. При таком подходе принято считать, что человек стабильно повторяет одни и те же поездки и выбирает оптимальный вариант между временными и денежными затратами на поездку. Но как отмечает английский ученый-транспортник Ф. Гудвин: «Каждый год до одной трети людей меняют рабочие места, а каждый седьмой меняет место жительства. Либо они нашли работу с большей зарплатой, либо их уволили. Кроме того, люди

покидают дома, женятся, заводят детей. Их дети переходят в другую школу. Некоторые разводятся. Кто-то уходит на пенсию. Кто-то из членов семьи умирает. Каждая из этих обычных жизненных коллизий может стать основанием для пересмотра моделей и вариантов поездок» [1].

При упрощенном подходе применяются статические и количественные методы сбора социологической информации. Для углубленного изучения подвижности населения необходимо обращаться к количественному и качественному инструментарию социологических исследований.

Обследования подвижности населения могут различаться в зависимости от масштаба и инициаторов проведения обследования. По масштабу они могут быть национальными или региональными. Региональные (городские) опросы подвижности достаточно распространены во всем мире. Темпы урбанизации заставляют градоначальников решать вопросы по усовершенствованию и развитию инфраструктуры, а для этого нужно обладать информацией о городской мобильности населения. Обследования городского уровня отвечают целям конкретного исследования в конкретном городе, поэтому результаты опросов, проведенных в рамках города, бывает сложно сравнить между собой. Во время национальных опросов тоже собираются данные по регионам, городам, штатам, но составление выборки и обследования проводятся с единой целью и по единой методике. Национальные обследования, проведенные в разных странах, непросто сопоставлять и сравнивать.

Национальные опросы проводятся, как правило, по инициативе государственных органов власти. Региональные опросы могут быть инициированы как муниципалитетами, так и частными коммерческими компаниями, которые являются исполнителями общегородских или общерегиональных проектов в области транспортного планирования. [2]

2 Методы изучению подвижности населения

Есть два формата изучения подвижности – наблюдение и опрос. Наблюдение за потоками трафика позволяет фиксировать статистические показатели. Различные значения и характеристики транспортных потоков фиксируют детекторы и оборудование в области теле- и фотометрии. Для решения задач по распределению трафика на микроуровне применение этого способа обследования очень эффективно. Однако, в отличие от опросов, наблюдение не позволяет выявить реальные причины перемещений. Опросные обследования применяются, когда нужно понять, как будут люди перемещаться в гипотетической ситуации со сложными условиями. Национальные опросы о подвижности населения проводятся многими европейскими странами. При финансовой поддержке Европейской комиссии в 2007-2013 годах был реализован проект под названием OPTIMISM WP 2 (Optimising Passenger Transport Iformation to Materialise Insights for Sustainable Mobility) направленный на «согласование национальной статистики о подвижности в Европе» [3] и дальнейшее ее применение для оптимизации системы пассажирских перевозок с использованием мультимодальных решений, учета потребностей пассажиров и обеспечения мер по снижению вредных выбросов.

Основных методов опроса три: по телефону, анкетирование и личное интервью. В крупных исследованиях методы часто комбинируются для достижения лучших результатов. Универсального метода обследований не существует, поэтому необходимо выбирать наиболее соответствующий целям метод.

У каждой из групп методов есть свои сильные и слабые стороны. Статистические методы дают лишь усредненные результаты. Проведение качественных социологических исследований не позволяет охватить большое количество людей, также эти методы дорогостоящие, но пока им нет достойной альтернативы для выявления мотивов выбора индивидуального способа передвижения. В последнее время по охвату респондентов и экономической выгоде альтернативу социологическим опросам составляют методы сбора информации на основе технологий больших данных.Но с большими данными пока больше вопросов, чем ответов, а самих «данных больше, чем понимания, что с ними делать» [4].Выбор метода зависит от задач, а также от объекта обследования. Существует три метода сбора данных о пассажирах общественного транспорта: подсчеты на транспортных средствах, подсчеты вне транспортных средств анализ поступления билетов.

Заключение

Существует две достаточно серьезные проблемы проводимых обследований. Во-первых, стоимость в результате чего крупные исследования проводятся с большими промежутками Во-вторых, этот интервал между исследованиями сводит на нет актуальность собранных данных. А между тем мобильность развивается и меняется очень интенсивно. Одним из вариантов решения этих проблем может быть оптимизация опросов, например, анализ меньшего числа показателей с меньшим промежутком времени между опросами. Но это шаг назад в сравнении с тем, что сейчас

активно развивается тренд на всеохватность, большие данные, сбор и анализ информации в режиме реального времени. Хотя их использование для понимания мобильности имеет много ограничений.

Литература

1. *Гудвин Ф.* Инаутурационная лекцияUCL, 1997. Перевод М.Я. Блинкина, 2009
2. http://asinfo.ru/blog/obzor-metodov-provedeniya-transportnykh-obsledovaniy/(дата обращения: 15.01.2019)
3. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC83304/tch-d2.1_final.pdf (дата обращения: 25.01.2019)
4. http://strelkamag.com/ru/article/how-to-explore-urban-mobility(дата обращения: 15.02.2019)

УГЛУБЛЕНИЕ ЕВРАЗИЙСКОЙ ГЕОПОЛИТИКИ КИТАЯ И ИНТЕРЕСЫ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ: ТРАНСПОРТНЫЙ АСПЕКТ[82]

Семенова Н.К.

Институт востоковедения РАН,
Россия, г. Москва, ул. Рождественка д.12
semenovanelli-2011@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается китайская инициатива Экономического пояса Шелкового пути в контексте возможностей и рисков для стран-участниц. Автором рассматривается диссонанс в задекларированных целях и задачах китайского транспортного проекта и фактические методы реализации ЭПШП.

Ключевые слова: КНР, РФ, Экономический пояс Шелкового пути, интересы, безопасность, Евразийский экономический союз.

Проблема транзита – одна из ключевых проблем политического и социально-экономического развития в XXI в. По словам Президента РФ В.В. Путина, «политика и экономический вес страны не в последнюю очередь определяются доступом к глобальным транспортным коридорам» [1].

В экономической сфере транспортная отрасль занимает значимое место в системе целей и средств реализации национально-государственных интересов, как во внешней, так и во внутренней политике, в общественно-политическом процессе в целом, является приоритетной точкой роста национальной экономики.

При переходе к интенсивному, инновационному, социально ориентированному типу развития страна стремится стать одним из лидеров глобальной экономики, что требует принятия адекватных стратегических решений по развитию транспортного комплекса на долгосрочную перспективу и повышения его конкурентоспособности.

Главная задача государства в условиях усиления международной конкуренции в сфере функционирования и развития транспорта - создание условий для экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики за счет интеграции транспортнойсистемы России в евразийское транспортное пространство, в первую очередь в рамках Евразийского экономического сообщества и Шанхайской организации сотрудничества, развитие много-векторных транспортных связей с мировыми экономическими центрами, превращение России в крупнейшего экспортера транспортных услуг, что будет означать формирование прочной основы для превращения экспорта транспортных услуг в один из крупнейших источников доходов страны, что соответствует национальным интересам Российской Федерации, обеспечивая ее устойчивую и последовательную интеграцию в мировую хозяйственную систему [2].

Транспорт выступает материальной базой производственных связей между отдельными территориями, выступает как фактор, организующий мировое экономическое пространство и обеспечивающий дальнейшее географическое разделение труда. Углубленная трактовка транспортной безопасности, понимается в широком смысле как фактор, способствующий реализации и защите национальных интересов России [3].

Стратегическая инициатива Экономического Пояса Шелкового Пути (ЭПШП), предложенная лидерами пятого поколения китайских руководителей и нацеленная на рост трансконтинентальных сухопутных перевозок с восточного побережья и других районов КНР в Европу, для России не только вызов, но и шанс обрести в нем свое место. ЭПШП является не локальной экономической

[82] *Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-014-00027А.*

инициативой, а новой внешнеполитической стратегией Пекина [4], т.е. попыткой распространить экономическое (в будущем и политическое) влияние Китая вдоль наземного транспортного коридора, включающего Россию, страны Центральной и Южной Азии, Ближний Восток, Восточную Европу и собственно ЕС [5]. Китайское видение предполагает реализацию, в первую очередь, интересов КНР. Эксперты, пытаясь определить общую стоимость проекта (в перспективе), указывают на цифры в диапазоне от 4 до 8 трлн долл. [6]. Специалисты Азиатского банка развития считают, что к 2030 г. «в инфраструктурные проекты будут вложены невероятные 26 трлн долл.» [7].

Согласно китайским источникам в долгосрочной перспективе планируется создание семи «поясов»: транспортного, энергетического, торгового, информационного, научно-технического, аграрного и туристического. Результатом должно стать возникновение огромной зоны свободной торговли, включающей Китай, Центральную Азию, Кавказ, Иран, Турцию, страны Центральной и Восточной Европы [8].

Китайские источники подчеркивают, что ЭПШП «в основном экономический проект, направленный на ускоренное развитие западных провинций Китая и на формирование между государствами региона тесных отношений в экономической, политической и гуманитарной областях» и не нацелен на создание сферы влияния [9]. Декларируя миролюбивую внешнюю политику и призывая к формированию «сообщества общей судьбы», Пекин уже преодолел порог только экономического влияния. Его интересы стали пересекаться с российской «зоной привилегированных интересов».

Главный вызов в реализации ЭПШП – возможная конвертация китайского экономического присутствия по пути следования проекта в политическое. Частично эту трансформацию можно уже наблюдать в государствах Центральнй Азии. Также к вызовам можно отнести приоритет Китая к двусторонним диалогам с государствами-участниками ЭПШП. Такой формат явно не способствует евразийской интеграции.

Литература

1. Рассмотрена стратегия транспортного развития России // Железнодорожный транспорт. 2003. № 11.
2. *Аристова Л.Б., Семенова Н.К.* Геополитический шанс России: транспортная система в формате РФ–КНР–2. Центральная Азия. https://book.ivran.ru/f/geopoliticheskij-shans-rossii.pdf
3. *Голиусов Ю.Ф.* Политико-экономические аспекты обеспечения транспортной безопасности России на Дальнем Востоке: диссертация на соискание ученой степени кандидата политических наук: 23.00.02. – Москва, 2005. – 169 с.
4. *Хиē Lì.* Zhōngguó «yīdài yīlù» zhànlüè miàn duì de wàijiāo fēngxiǎn (Сю Ли. Дипломатические риски на пути реализации стратегии Китая «Один пояс, Один путь») // International Economic Review. 2015. №2.
5. *Уянаев С.В.* Новые «Шелковые пути» Китая: принципы и параметры официальной «Дорожной карты» // Китай в мировой и региональной политике. История и современность. 2015. № 20 (20). С. 254.
6. Financing China's One Belt, One Road: US$8 Trillion in Capital Requirements. April 3, 2017 // Silk Road Briefing. https://www.silkroadbriefing.com/news/2017/04/03/financing-chinas-one-belt-one-road-us8-trillion-in-capital-requirements/
7. Китайский Шёлковый путь принимает мировые масштабы // INOSMI. 2017. 16 мая. https://www.inosmi.info/kitayskiy-shyolkovyy-put-prinimaet-mirovye-masshtaby.html
8. *Шералиев О*. Инвестиционно-экономическая привлекательность и геоэкономическое значение проекта «Экономический пояс Шелкового пути» // Общество и экономика. 2018. № 6. – С. 46.
9. Новый Шелковый путь: стратегические интересы России и Китая. Интервью с Чжао Хуашеном, директором Центра по изучению России и Центральной Азии Фуданьского университета. Шанхай. 2013. 20 декабря. http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=2883#top-content

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПАКИСТАНА В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Серенко И.Н.

Институт востоковедения РАН, Россия, г. Москва, ул. Рождественка д.12

serenko9@mail.ru, ivran@yandex.ru

Аннотация: Активизация процессов развития транспортной системы Пакистана детерминируется усилением вектора региональной транспортной интеграции азиатских государств. Она в перспективе может способствовать их более широкому континентальному взаимодействию и взаимосвязанности в условиях выстраивания единого экономического поля Евразии на основе российская концепции Большого евразийского партнерства.

Ключевые слова: Большое евразийское партнерство, ЕАЭС, КПЭК, ОПОП, транспортная интеграция.

Выстраивание единого экономического пространства Евразии в рамках российской идеи Большого евразийского партнерства (БЕП) активизирует процессы региональной транспортной интеграции и модернизации. Реализацию сопряженных проектов китайской стороны («Один пояс, один путь» - ОПОП) и российской - Евразийского экономического союза (ЕАЭС) можно рассматривать как постепенное продвижение всех включенных в них стран-участниц по пути более широкой континентальной взаимосвязанности, способной обеспечить их устойчивое социально-экономическое развитие, снижение напряженности и достижение мира в целом. В её основе лежит формирование новой транспортной конфигурации евразийского континента, способной преодолеть стагнацию и застой не только в региональном, но и в глобальном экономическом развитии. Общая приверженность принципам конструктивного, равноправного сотрудничества во взаимодействии государств на обширном пространстве Евразии, включая ее коммуникационную составляющую, была вновь подтверждена странами-участницами II Международного форума ОПОП (2019) в Пекине, где 27 апреля президентом РФ В.В. Путиным была озвучена идея о состыковке транспортных проектов ОПОП с Северным морским путём (СМП) [1].

Начавшиеся процессы транспортно-энергетической интеграции государств, расположенных вдоль возрождаемого сегодня Великого Шелкового пути, не в последнюю очередь определяют сближение интересов России, Китая и Пакистана в рамках реализации проекта Китайско-пакистанского экономического коридора (КПЭК), как составной части китайской межконтинентальной инициативы ОПОП. Её сопряженность с ЕАЭС в связке с СМП через создание системы современных транспортных коридоров может способствовать практической реализации российской идеи континентальной регионализации Евразии через формирование на первоначальном этапе геополитического и геоэкономического единства в ее центральной части. Это позволяет условно рассматривать Россию в качестве Северного полюса Центральной Евразии, Пакистан – Южного, а Китай с Ираном соответственно – Восточного и Западного ее полюсов.

При этом взаимодействие России, Китая и Пакистана в рамках реализации КПЭК представляется весьма перспективным, т.к. дает возможность создать широкое партнерство в Евразии и достичь более масштабной континентальной регионализации. По мнению, пакистанских экспертов, Россия «осознает важность географической локации Пакистана и стремится оказать Пакистану помощь в его плавной интеграции в многополярную Евразийскую структуру, выстраиваемую в рамках китайско-российского стратегического сотрудничества» [4].

Действительно, Пакистан имеет выгодное геостратегическое положение, располагаясь на стыке сухопутных и морских путей в Южной Азии. Это детерминирует его востребованность не только в масштабах регионального, но и общемирового хозяйства, открывая возможности инклюзивного развития транспортной системы страны за счет ее модернизации и интеграции в различные международные транспортные коридоры. Он омывается водами Аравийского моря на юге, граничит с Афганистаном на северо-западе, с Ираном – на юго-западе, с Китаем - на севере и с Индией – на востоке. Близость Пакистана к странам Персидского залива, Западной и Центральной Азии, его непосредственное соседство с такими динамично развивающимися странами, как Индия, Иран и Китай, позволяют ему в новом статусе государства-члена ШОС трансформироваться в крупнейший транспортно-энергетический и торговый транзитёр Евразии.

Неудивительно, что в Пакистане все больше внимания уделяется развитию транспортной системы, ее модернизации. В стране наращивается инфраструктура экологически чистого железнодорожного транспорта. Общая протяженность железнодорожного полотна, по официальным данным (2019 г.), составила 7791 км. Железнодорожный парк насчитывает 470 локомотивов. Он требует значительного обновления и расширения. По железной дороге осуществляются не только внутренние, но и международные перевозки в Иран, Индию, Турцию, Туркмению. Общая протяженность автодорог в Пакистане составила в текущем 2019 г. более 12743 км. Кроме того, в стадии строительства находится ещё 38 автодорожных объектов с участием местных и иностранных инвесторов [3]. В рамках реализации КПЭК продолжается строительство автомагистрали Гвадар-Хунжераб В марте 2018 г. была завершена прокладка оптико-волоконной магистральной линии связи Хунжераб-Равалпинди общей протяженностью 820 км.

Постепенное расширение КПЭК в афганском, иранском и других направлениях свидетельствует об интенсификации процесса региональной транспортной интеграции [2]. В эксклюзивном интервью российским СМИ перед поездкой в Бишкек на саммит ШОС (13 июня 2019 г.) премьер-министр Пакистана Имран Хан подтвердил планы совместного строительства 700-километровой железной дороги, соединяющей Пакистан через Афганистан и Узбекистан с Россией. Он охарактеризовал её,

как «отличный проект для будущего всего региона», который через глубоководный пакистанский порт Гвадар откроет кратчайший путь этим и другим странам к Индийскому океану [5]. Всё это будет способствовать превращению портового города Гвадар в крупнейший региональный хаб торговли и деловой активности. В стране совместно с китайской стороной разрабатывается план по его трансформации в высокотехнологичный, умный, интеллектуальный портовый город международного уровня с урбанистической стратегией цифрового развития. Для обеспечения взаимосвязанности всех видов транспорта (морского, наземного и воздушного) на территории Гвадара с 2017 г. ведётся строительство крупного железнодорожного узла, скоростной автомагистрали «Восточная Бухта», а также международного аэропорта. Для осуществления совместной с иностранным капиталом торговой и различной другой предпринимательской деятельности здесь создана Свободная экономическая зона (СЭЗ). Ведены в эксплуатацию Международный Деловой и Выставочный Центры. На территории СЭЗ уже зарегистрированы и функционируют свыше 30 различных частных предприятий и компаний.

Надо сказать, что реализация совместного китайско-пакистанского экономического проекта КПЭК представляет определенный интерес и для Российской Федерации, особенно в условиях усиления в последнее время экономического, политического и дипломатического давления американской администрации Д. Трампа на Москву, Пекин и Исламабад. Обострение отношений России, Китая и Пакистана с Вашингтоном стимулировало сближение их внешнеполитических курсов, расширение межгосударственного взаимодействия этих стран как в формате двустороннего или трехстороннего сотрудничества, так и на многосторонней основе различных международных и региональных площадок, включая ШОС, куда Пакистан был принят полноправным членом при активной поддержке России и Китая в 2017 г. Фактически, политика Трампа содействовала актуализации российской концепции Большого евразийского партнерства, и тройственный формат взаимодействия России, Китая и Пакистана представляется потому вполне естественным. Думается, что подключение РФ к Китайско-пакистанскому экономическому коридору может способствовать переходу идеи по созданию БЭП в плоскость её практической имплементации.

Литература

1. Путин В.В. Выступление на заседании круглого стола форума «Один пояс, один путь». Веб-сайт президента РФ: http://kremlin.ru/events/president/news/60393

2. Серенко И.Н. К перспективе расширения Китайско-пакистанского экономического коридора //Восточная аналитика. - 2019. - №1. - С. 100-107.

3. Pakistan Economic Survey 2018-19. Economic Adviser's Wing, Finance Division, Government of Pakistan. Islamabad, 2019. – 503 p.

4. Shabbir Ahmed. Emerging Dynamics of the Race for Regional Integration //CPEC: A Precursor to Regional Economic Growth and Stability. Edit. by Zafar Iqbal Cheema. China Studies and Information Center (CSIC), Strategic Vision Institute (SVI), Islamabad, 2019. - P. 194– 221.

5. "The Cold War is over": Pakistan PM mulling arms deals with Moscow ahead of SCO summit. 13.06.2019. https://www.rt.com/news/461781-imran-khan-pakistan-sco/

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ МНОГОПОЛОСНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Соловьев А.А.[1,2], Валуев А.М.[1]

[1]Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Бардина, д. 4,
[2]Московский физико-технический институт (государственный университет),
Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9
aa.solovjev@yandex.ru,valuev.online@gmail.com

Аннотация: Обеспечение полноты использования ресурсов транспортной сети требует динамического, адаптивного регулирования, которое может быть не только параметрическим, но и структурным. Рассматриваются вопросы информационного обеспечения такого регулирования на основе обработки данных мониторинга транспортных потоков. Другим важнейшим аспектом является информирование водителей о текущей локальной организации движения и выработка для них рекомендаций по выбору трассы движения в зоне перекрестка.

Ключевые слова: регулируемый перекресток, организация дорожного движения, схема пофазного разъезда, пропускная способность, безопасность дорожного движения, мониторинг, информирование водителей.

В городских дорожных сетях (ГДС) крупных городов выделяются системы многополосных магистралей [1, 2], несущие значительную долю, зачастую основной объем автотранспортного потока. При этом важнейшую роль с точки зрения эффективности ГДС и безопасности движения играют сопряжения этих магистралей. При наличии возможности и экономической целесообразности эти сопряжения выполняются в виде транспортных сооружений, исключающих или минимизирующих пересечения на одном уровне. Однако дороговизна таких сооружений и ограничения для их возведения в городской среде препятствуют всеобщему их распространению. Остальные сопряжения являются регулируемыми перекрестками, на которых поочередно осуществляется проезд транспортных средств (ТС) в различных направлениях.

Существует два уровня управления прохождением транспортных потоков через перекресток — структурный и параметрический [3]. Первый состоит в разделении направлений прохождения перекрестка между фазами светофорного цикла — определении *схемы пофазного разъезда* [4]. В настоящее время схемы пофазного разъезда меняются редко, однако технические средства позволяют изменять их в зависимости от транспортной ситуации. Второй заключается в определении продолжительностей фаз светофорного цикла, которые также могут быть зафиксированы на длительный срок, либо изменяться по определенной программе в зависимости от времени суток, либо определяться адаптивно, по текущей локальной транспортной ситуации. Закономерные изменения интенсивности потоков в зависимости от времени суток, дня недели, сезона определяют лишь тренд, отклонения от которого значительны и определяются неконтролируемыми причинами. В связи с этим для эффективного параметрического управления необходимо оценивать текущее поступление ТС с разных входов и текущее распределение входящих ТС по направлениям прохождения перекрестка, что требует соответствующего информационного обеспечения, объединяющего средства непрерывного мониторинга транспортного потока с обработкой его результатов в текущем времени.

В первом приближении не учитываются индивидуальные размерные и динамические характеристики ТС во входящем потоке, а лишь их количество в единицу времени. Современный опыт показывает, что распознавание событий пересечения транспортными средствами условных границ перекрестка на основе обработки видеопотока в настоящее время является рутинной задачей. При этом можно идентифицировать проезжающие ТС и устанавливать отдельно моменты пересечения рубежей их передними и задними бамперами. На основе объединения этих данных приближенно определяются также скорости движения ТС.

Пропорции, в которых входящие потоки разделяются по направлениям, принципиально могут быть более или менее достоверно определены за промежутки времени, составляющие несколько светофорных циклов. Оптимальный период усреднения может быть найден лишь эмпирически, путем сопоставления относительного отклонения, вызванного случайными факторами, и закономерного изменения во времени. Определение продолжительностей светофорных фаз в соответствии с найденным распределением потоков по направлениям [3] не может совершенно выровнять задержки при прохождении перекрестка (в силу действия многообразных случайных факторов), но, несомненно, должно улучшить ситуацию в этом отношении.

Для дальнейшего совершенствования параметрического управления прохождения перекрестков можно использовать и более детальную информацию, основанную на учете текущего состава входящих потоков, т.е. разделения ТС по категориям. Невозможно точно знать динамические характеристики проезжающих ТС, т.к. они определяются не только их моделями (и тем более не только размерами ТС), но и техническим состоянием и поведенческими характеристиками их водителей. Однако средние значения динамических характеристик для различных (эмпирически выявляемых) типов ТС различны, и, учитывая эти различия в расчетах, можно, с учетом массового характера транспортного процесса, повысить эффективность управления. Возможное решение здесь состоит в том, что при наличии в текущей очереди на конкретном входе преобладания более медленных, менее маневренных машин по сравнению со средним составом потока, целесообразно увеличить длину светофорной фазы для их прохождения, а при преобладании более маневренных машин — наоборот, уменьшить при условии сохранения достаточного уровня безопасности движения.

Эффективность любых мер по регулированию транспортного потока через перекресток, однако, зависит и от того, насколько водители адаптируются к ним. Для начала нужно сказать, что информация для водителей об организации движения через перекрестки, предоставляемая как в печатных изданиях, так и на Интернет-ресурсах, неполна; в особенности для пересечений

многополосных магистралей. Показываются, за редкими исключениями, лишь принципиальные разрешенные направления движения (движение прямо, правый и левый поворот), но не конкретные дорожные полосы, на которых эти направления реализуются. Таким образом, водитель, ошибочно заняв на въезде в перекресток полосу, на которой движение в нужном ему направлении не осуществляется, вынужден будет изменить свой маршрут. Каждая такая ошибка приводит к перепробегу этого конкретного ТС, а для транспортной сети — к дополнительной нагрузке. Но и водитель, знающий, какую полосу ему занять, может не добиться желаемой цели из-за маневров других автомобилей.

В условиях постоянства схемы пофазного разъезда на конкретном перекрестке преимущества в выборе правильных маршрутов, обеспечивающих достижения их целей, имеют водители, регулярно проезжающие через него. То же самое относится и к случаю, когда организация дорожного движения (ОДД) через перекресток изменяется закономерно, в зависимости от времени суток. Прочие водители, для того, чтобы их водительское поведение было целенаправленным, должны быть проинформированы на подъезде к перекрестку, поскольку смена полос требует заблаговременной готовности к ней, особенно в условиях достаточно плотного потока. В современных условиях массовое информирование о локальной организации движения с помощью программируемых световых табло является достаточно просто организуемой возможностью, не требующей значительных финансовых вложений. Вместе с тем, учитывая невнимательность части водителей, подобное информирование должно быть продублировано на специализированных Интернет-ресурсах, обеспечивающих навигацию в ГДС.

Определенную проблему вызывает отсутствие однозначного соответствия между направлениями движения на перекрестке и входными полосами, обычное для пересечений многополосных магистралей. Для Москвы количество входных полос на таких пересечениях может быть от 3 до 5, количество же направлений 2 или 3. При этом некоторые направления реализуются для нескольких входных полос и некоторые входные полосы в области перекрестка расщепляются на две, обеспечивая тем самым прохождение ТС в двух направлениях. Кроме того, и на подъезде к перекрестку количество полос может увеличиваться. Так, для участка Нахимовского проспекта между Новочеремушкинской и Профсоюзной улицей первоначальное количество полос с трех (одна из которых — выделенная) увеличивается сначала до четырех, а перед самым пересечением с магистралью — до пяти.

В связи с этим для эффективной работы перекрестка требуется определенное распределение (пере распределение) въезжающих автомобилей между полосами, которое не может быть обеспечено лишь за счет самоорганизации входного потока. Здесь возможны разные подходы для поддержания желательного распределения.

Первый состоит в информировании всех водителей подъезжающих ТС о перспективах того или иного выбора. В организациях, ведущих массовое обслуживание посетителей, в т.ч. и с набором разных услуг (например, в отделениях банков) системы электронной очереди обычно не только присваивают клиенту номер в очереди, но и сообщают ожидаемое время получения услуги. На этой основе посетитель может принять решение о целесообразности ожидания. Аналогичное решение может быть предложено и в данном случае. А именно, на определенном рубеже сообщается ожидаемое время проезда в разрешенном направлении для транспортных средств, подъезжающих по определенной въездной полосе. Такая рекомендация должна побудить часть водителей к маневрам по смене полосы. Что же касается системы ОДД, для нее такая адаптация водителей к ситуации полезна для более эффективного использования пропускной способности перекрестка, независимо от того, кто именно воспользуется предлагаемыми рекомендациями. Кроме того, в перспективе возможно вычислять и сообщать водителям показатели безопасности прохождения определенной трассы [5, 6, 7] и «надежности» данного выбора. Под последним мы понимаем вероятность осуществления водителем маневров, обеспечивающих необходимые для этого безопасные переходы между полосами, если они требуются.

Во-вторых, в перспективе может идти речь об индивидуальной навигации для участников дорожного движения. При этом рекомендации, вырабатываемые соответствующей информационной системой для обеспечения нужного распределения ТС с определенным направлением прохождения перекрестка между входными полосами, не должны быть для всех водителей одинаковыми — они должны распределяться между предлагаемыми вариантами случайным образом в требуемых пропорциях.

Литература

1. Europe: Atlas routier et touristique. Paris: Michelin – Editions des Voyages, 2006. - 234 p. ISBN 978-2-06-711233-9.
2. Москва сегодня: Атлас города. Минск: Тривиум, 2002. – 72 с. ISBN 985-409-042-6.
3. *Валуев А.М., Соловьев А.А.* Оптимизация структуры и параметров светофорного цикла в целях повышения безопасности // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): труды Одиннадцатой междунар. конфер., 1–3 окт. 2018 г., Москва: в 3 т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Т. 2. — С. 143–148.
4. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2013. – 69 с.
5. *Vasconcelos L., Neto L., Seco Á., Silva, A.* Validation of the Surrogate Safety Assessment Model for Assessment of Intersection // Safety. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2014, № 2432. – P. 1–9.
6. *Эртман С.А., Эртман Ю.А.* Надежность и обоснованность оценки опасности перекрестка, полученной в результате камерального анализа данных // Перспективы науки. 2015, № 10 (73). – С. 64–71.
7. Вибрационные процессы, виброзащита в машиноведении. Отчет о НИР за 2018г. по теме 6-13 (промежуточный). Часть 2. Динамика мехатронных робототехнических комплексов, динамика транспортных потоков. /Перминов М.Д., Соловьёв В.О., Овчинников Н.М. и др. – М.: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 2018. – 126 с.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА: МЕТОДОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ

Спирин И.В., Матанцева О.Ю., Гришаева Ю.М., Савосина М.И.

ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» – ОАО «НИИАТ», РОССИЯ, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев д.24

ivspirin@yandex.ru

Аннотация: Устойчивое развитие становится глобальным вектором совершенствования работы городского пассажирского транспорта. Планирование работы городского транспорта должно осуществляться с учетом различных экстерналий. Это обеспечивает решение комплекса экономических, экологических и социальных проблем. Обоснованы основные направления развития методического обеспечения транспортного планирования в городах.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, устойчивое развитие, планирование, комплексный подход, качество перевозок, экстерналии.

В городах проживают более половины всех жителей планеты (в городах России около ¾ граждан). Концентрация в городах населения и производственно-хозяйственной деятельности приводят к возникновению экологических и социальных проблем. Урбанизация продолжается. Согласно принципу Ле Корбюзье, ни один город не может расти быстрее, чем развивается его транспорт.

Городской транспорт является одним из основных источников техногенной опасности (ранения и гибель людей в ДТП; до 80 % вредных выбросов в атмосферу городов; токсичные отходы транспортной деятельности). Безудержная автомобилизация требует все больше городских земель для парковок автомобилей и сооружения новых путей сообщения, занимающих от 10 до 20 % территории городов. В больших городах люди затрачивают на поездки до 20 % свободного времени, что приводит к появлению транспортной усталости, социальным проблемам. В результате снижается качество жизни большинства населения, что позволяет говорить о кризисе урбанизации.

Возникновение глобальных проблем экологической и социальной направленности было предсказано на рубеже XIX и XX столетий. Человек стал оказывать существенное воздействие на природу, в результате чего могут возникать необратимые геологические, климатические, биологические, социальные, энергетические изменения, приводящие к разрушению естественной среды обитания. Поэтому усилия ученых направлены на создание механизмов, препятствующих возникновению указанных угроз, и компенсации вредных последствий наступивших изменений эколого-социальной среды в интересах повышения качества жизни настоящего и будущих поколений. Под эгидой ООН на международных конференциях (Rio de Janeiro - 1992 and 2012; Johannesburg 2002) была разработана и ныне реализуется концепция Sustainable Development (SD), признанная генеральным направлением развития цивилизации в современных условиях,

характеризующихся сочетанием экологических угроз, социальных, экономических, энергетических, политических и ряда других проблем и противоречий.

Городской транспорт вследствие ряда объективных причин стал первопроходцем на пути SD и показывает пример остальным отраслям городского хозяйства. Совершенствование городского транспорта в соответствии с принципами SD наиболее успешно осуществляется в странах ЕС, где используются транспортные планы – Sustainable Urban Mobility Plans (SUMPs). В городах Европы считают, что для транспортного планирования важнейшими условиями являются юридическая легитимация, наличие научно обоснованной методологии выполнения проектных расчетов, четкое целеполагание и участие в транспортном планировании институтов гражданского общества. Европейский опыт разработки и реализации SUMPs принят за основу для разработки российской системы транспортного планирования в городах страны.

Транспортное планирование в российских городах производится на основании федерального закона от 13.07.2015 N 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным и городским электрическим транспортом...» (далее – ФЗ N 220). Этот закон установил обязанность органов исполнительной власти осуществлять разработку «документов планирования», которые должны содержать:

- изменения маршрутов регулярных перевозок пассажиров. Основные сведения о каждом маршруте городского транспорта аккумулируются в его паспорте;
- вид подвижного состава на каждом из маршрутов (автобус, троллейбус или трамвай);
- подразделение маршрутов на две категории по используемым тарифам (маршруты с тарифами, которые устанавливают органы исполнительной власти; маршруты с тарифами, устанавливаемыми самими перевозчиками);
- расписание движения подвижного состава по маршрутам;
- график проведения конкуров на право заключения государственных или муниципальных контрактов на осуществление регулярных перевозок по регулируемым тарифам;
- различные технические показатели транспортной системы и индикаторы оценки ее работы.

Для методического обеспечения процесса транспортного планирования при участии авторов в ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (ОАО «НИИАТ») разработаны и направлены в Министерство транспорта России рекомендации, предназначенные для использования в городах страны. Опыт разработки рекомендаций показал, что такую работу следует продолжать дальше, поскольку по нашим оценкам нужно дополнительно подготовить около 60 расчетных методик для решения комплекса задач организации перевозок и транспортного планирования.

Разработка транспортных планов осуществляется координированно с планами развития территорий и населенных пунктов, государственными и муниципальными программами социального и экономического развития, планами комплексного развития транспортной инфраструктуры, схемой организации дорожного движения в городе и др.

При оценке и нормировании качества перевозок используется социальный стандарт транспортного обслуживания, утвержденный Министерством транспорта России.

Из-за нехватки средств в бюджетах городов и отсутствия квалифицированных проектировщиков документ планирования перевозок часто составляется формально, без анализа конкурентных вариантов транспортного плана.

Транспортное планирование требует использования информации, которая имеется в различных органах власти и управления, у перевозчиков и других организаций. Все данные для проектных расчетов интегрируются с использованием облачных технологий. Для получения отсутствующих сведений используют IT. Моделирования транспортных ситуаций выполняют на компьютерах.

Основными проблемами транспортного планирования являются: несовершенство имеющейся нормативно-правовой основы для SD; неразработанность технологического и методического обеспечения расчетов; проблемы инфраструктуры городского транспорта и ее финансирования; нехватка специалистов для разработки транспортных планы; недостаточная квалификация чиновников для реализации концепции SD.

Традиционный подход к совершенствованию городской инфраструктуры и городского транспорта основан на учете и оценке экономических результатов проектов и разработок. Главными принимаемыми во внимание показателями являются расходы, доходы и прибыль инвесторов и эксплуатантов. Иногда это могут быть и другие результаты, которые обязательно связаны с интересами коммерческих стейкхолдеров, участвующих в реализации проектов. Никогда эти стейкхолдеры не станут работать себе в убыток.

Концепция SD основана на комплексном учете всех эффектов, наблюдающихся вследствие реализации транспортных планов (кроме экономических также экологических, социальных и проч.). Для этого учитываются на только интернальный результат (возникает у инвесторов и эксплуатантов проекта), но и результаты экстернальные (они носят внесистемный характер и получаются иными лицами – пассажирами, грузовладельцами, обществом и т.п.).

Основная технологическая проблема комплексного учета интерналий и экстерналий состоит в необходимости разработки методик учета всевозможных экстерналий и стоимостной оценки полученных экстернальных результатов. Комплексный учет интерналий и экстерналий потребует ревизии экономических методов управления, отказа от меркантилистских экономических моделей в пользу моделей SD. Для этого необходимы дальнейшие исследования и разработки.

Совершенствование городского транспорта по устойчивому сценарию требует от менеджмента и чиновников серьезной трансформации их профессиональной психологии. Такая трансформация возможна только при реформировании систем образования и повышения квалификации кадров городского транспорта и городского управления, для чего авторами выполняются исследования и разработки.

ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Стрелец Д.Ю., Серебрянский С.А., Шкурин М.В.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе д.4

maksmai33@gmail.com, s-s-alex@mail.ru, m.shkurin@mai.ru

Аннотация: В предлагаемой работе формулируются основные положения концепции управления жизненным циклом изделия применительно к сложным авиастроительным объектам, предлагается функциональная схема единого информационного пространства, а также анализируется состав технологий, применимых для её реализации.

Ключевые слова: жизненный цикл изделия, конкурентоспособность, комплексные решения, цифровые технологии, единое информационное пространство

Введение

Современная авиационная техника (АТ) относится к наукоёмкой продукции и имеет длительный жизненный цикл (ЖЦ). Стоимость жизненного цикла (СЖЦ) в целом является одной из ключевых характеристик АТ и включает в себя затраты на разработку, производство, эксплуатацию АТ (включая затраты на техническую эксплуатацию, то есть на работы, связанные с поддержанием АТ в работоспособном состоянии и с подготовкой к полетам) и на утилизацию изделий АТ по выработке ресурса или по истечении срока службы. Для воздушных судов (ВС), имеющих срок использования 20 и более лет, часть СЖЦ, связанная с затратами на ТЭ, может быть не только равна стоимости покупки, но и часто превышать ее.

1 Управление жизненным циклом конкурентоспособного изделия

Концепция управления жизненным циклом изделия (УЖЦИ), обеспечивает управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации. Представляет собой методологию комплексного применения современных информационных технологий для повышения конкурентоспособности авиастроительной отрасли [1, 2].

Основным и главным преимуществом концепции является быстрый доступ к нужной и актуальной информации об изделии, что является основой для обеспечения качества, сокращения сроков и снижения себестоимости продукта.

В основе технологии цифрового проектирования и моделирования лежит использование сложных мультидисциплинарных математических моделей (область $\boldsymbol{M}$ см. рис. 1) с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам (включая технологические и производственные), описываемых уравнениями математической физики, в первую очередь, 3D нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных.

При правильном применении численное моделирование – это способ увидеть будущее, предсказать последствия вносимых конструкторских изменений и их влияние на характеристики изделия.

Численное моделирование позволяет рассмотреть «все возможные сценарии будущего». Поведение изделия изучается в широком диапазоне возможных условий эксплуатации, а интеллектуальные методики оптимизации находят наилучшие варианты проектных решений.



Рис. 1. Взаимосвязь компонентов комплексных решений

2 Единое информационное пространство

Предлагается создание комплексного платформенного технологического и программного решения, которое будет объединять в себе функционал систем по подготовке производства (системы CAD, CAM, CAE, PDM), систем управления производством (системы MES и ERP) и системы управления ресурсами EAM, обеспечивая при этом высокие стандарты безопасности технической информации. Наполнение такой платформы на начальном этапе должно поддерживаться системой автоматизированного сбора данных (MDC), которая позволяет осуществлять агрегирование данных о работе пользователей, в том числе научных организаций, сертификационных центров, производственных предприятий, лизинговых и сервисных компаний, эксплуатантов авиационной техники.

В результате формируется единое информационное пространство (рис. 2), обеспечивающее полную цифровизацию всех этапов жизненного цикла АТ и управление ими. Интеграция информационных потоков позволяет проводить оптимизацию взаимодействия между этапами с позиций соответствия спросу на выпускаемый продукт и эффективности использования ресурсов.

Данная концепция управления ЖЦ АТ предполагает, что вместе с самолетом заказчик получает «не просто сервис, а целую цифровую экосистему» оказания услуг. Такой подход позволяет повысить эффективность использования судна на основе полученных в процессе эксплуатации данных и автоматизированного оперативного взаимодействия всех участников кооперации – от самолетостроителя и его поставщиков до авиакомпаний и организаций, которые занимаются техническим обслуживанием воздушных судов [3, 4, 5] .

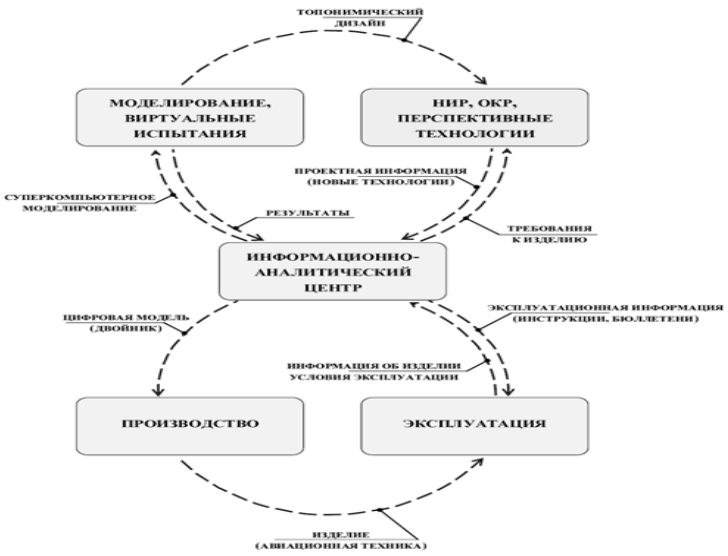


Рис. 2. Единое информационное пространство

Инструментами такой системы проектирования являются:

- библиотека математических моделей (CAE - приложения) деталей, узлов, агрегатов, подсистем, систем и самолета в целом различного уровня сложности (собственной разработки и коммерческие);
- структурно-параметрическая модель самолета и его компонент, содержащая «правила проектирования» («Базу знаний») и обеспечивающая быстрое формирование и трансформацию твердотельных геометрических моделей разного уровня сложности, а также изменение схемы (архитектуры) самолета и его компонент на основе заданных параметров и результатов расчетов.
- новые формы организации работы предприятия, ориентированные на виртуальный продукт.

Применение этих инструментов позволит провести опережающую оптимизацию бизнес - процесса и предметной области разработки самолета, включая все стадии его жизненного цикла (проектирование, изготовление опытной партии и сертификацию, серийное производство и эксплуатацию).

Процесс цифрового проектирования и моделирования этапов жизненного цикла изделия АТ в едином информационном пространстве, включает формирование многоуровневой структуры показателей и ресурсных ограничений, разработки «интелектуальных моделей» и цифровых двойников (рис. 3).

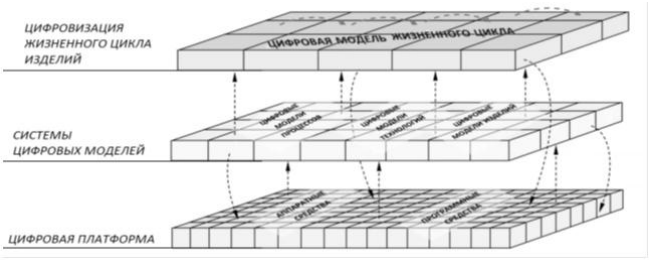


Рис. 3. Многоуровневая структура информационного пространства

3 Ожидаемые результаты

Решение поставленных задач позволяет:

- обеспечить современную модель-центрированную среду разработки объектов сложной авиационной техники с организацией информационных потоков между участниками без потерь и искажения информации, как между участниками, так и между этапами проектирования;
- сократить сроки разработки проекта самолета;
- обеспечить высокую степень управления жизненным циклом изделия;

Литература

1. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / Гл. ред. *А.Г. Братухин*. М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008, 608с.: илл.

2. Судов Е.В., Петров А.Н., Петров А.В., Осяев А.Т., Серебрянский С.А. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники. Учебное пособие / - М.: Эдитус, 2018. - 174 с.: ил. ISBN 978-5-00058-821-5

3. Рябов А.А., Романов В.И., Кудрявцев А.Ю. и др. Разработка верификационного базиса численных решений сопряженных, связных и мультидисциплинарных задач для авиационной техники. Научно-технический отчет № НТО-СКТ-04SI-12В ч. I, II / п. Сатис: ООО «СИНЦ», 2012. – 480с.: ил.

4. Барковский А.Ф., Савельевских Е.П., Стрелец Д.Ю., Корнев А.В. и др. Реализация концепции «виртуальный самолет-двигатель» при решении связных и мультидисциплинарных задач. Научно-технический отчет №НТО-СКТ-01SU-12А / М.: ОАО «ОКБ Сухого», 2012. – 827с.: ил.

5. Погосян М.А., Савельевских Е.П., Стрелец Д.Ю., Корнев А.В. Отечественные суперкомпьютерные технологии в авиационной промышленности. «Наука и технологии в промышленности» №2/2012.

РАЗМЕЩЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ В УЗЛАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

Сухов А.А.

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ),
Россия, г. Москва, ул. Образцова д.9 стр.9
arkhonfills@list.ru

Аннотация: рассмотрена возможность применения взвешенного размещения теории графов к выбору мест дислокации восстановительных поездов, выявлены натуральные и стоимостные показатели, влияющие на выбор решения, предложена методика решения задачи выбора мест дислокации восстановительных поездов.

Ключевые слова: восстановительные поезда, транспортные происшествия, перевозочный процесс, взвешенное размещение

Введение

Восстановительные поезда являются специальными формированиями железнодорожного транспорта, предназначенными для ликвидации последствий транспортных происшествий различного масштаба.

Проблема определения мест дислокации восстановительных средств и их оптимального количества в настоящее время принимает большую актуальность, несмотря на это проблема является малоизученной. Однако достаточно хорошо изучены родственные проблемы, связанные с надежностью технических средств и регулированием поездной ситуации при возникновении отказов.

В исследовании [3] рассмотрены технико-технологические и экономические факторы, влияющие на размещение восстановительных поездов, используемых на железнодорожном транспорте для ликвидации последствий транспортных происшествий.

Негативный эффект от инфраструктурных ограничений из-за технических отказов в своей работе [4] изучает Е.Н. Тимухина. В ее работах существенное внимание уделяется функциональной надежности станционных устройств и анализу влияния технических отказов станционных устройств на процессы работы станций в целом. В основе исследований Е.Н. Тимухиной лежат методы имитационного моделирования и теория случайных процессов. В [5] Н.Е. Окулов также прибегает к имитационному моделированию: он применяет его, чтобы оценить функциональную надежность инфраструктурных элементов, которые используются при взаимодействии железнодорожного транспорта с производственными предприятиями, а также влияние отказов на технологические процессы крупных предприятий, примыкающих к железнодорожным станциям.

При возникновении барьерных мест особое внимание необходимо уделять регулировочным мерам для стабилизации поездной ситуации. В.С. Климанов в своей статье [7] отмечает, что насыщение линий и участков приводит к понижению ряда эксплуатационных показателей вследствие инфраструктурных ограничений. Техническая станция в силу ограничений не сможет постоянно принимать поезда, следующие в ее адрес с переработкой из-за ограниченного количества путей парка приема и перерабатывающей способности горки, в результате чего, будет образовываться сгущение грузовых поездов на подходах к технической станции. Для предотвращения подобной ситуации необходимо проводить определенные регулировочные меры, выбор которых зависит от расчета эффективности в той или иной ситуации.

В качестве регулировочной меры в своей работе [8] Е.А. Сотников и П.С. Холодняк рассматривают возможность использования доступной инфраструктуры полигона для временной отстановки вагонов или поездов, которые не могут быть приняты выгрузочными районами. Авторы предлагают подобную стратегию не только для рационального использования инфраструктурных возможностей станций, но и для минимизации расходов при простое вагонов.

1 Натуральные и стоимостные показатели, влияющие на выбор решения

Возникшее барьерное место приведет к полному или частичному снижению пропускной способности участка, что в свою очередь вызовет простой поездов. При оценке вариантов размещения восстановительных поездов необходимо обращать внимание не только на исходные характеристики станции возможной дислокации (наличие локомотивных резервов, путевого развития и т.д.), но и характеристики прилежащих участков, такие как расстояния до ближайших технических и участковых станций, нормативные размеры движения поездов различных категорий.

При оценке количества восстановительных поездов необходимо обращать внимание как на их регулярные затраты (фонд заработной платы работников восстановительных поездов, затраты на

техническое обслуживание восстановительных устройств и т.д.) так и на нерегулярные затраты, связанные с деятельностью восстановительных поездов по их прямому назначению.

2 Постановка задачи

Пусть модель полигона – это неориентированный граф, в котором вершины – крупные технические и узловые станции, а ребра – железнодорожные участки. Каждое ребро рассматриваемого графа имеет длину и вес. Длина ребра равна длине участка модели. Вес ребра равен потенциальным экономическим потерям, для расчета которых используется коэффициент, который рассчитывается по формуле (1):

(1) $P(i,j) = (N_{ск}*C_{ск} + N_{пасс}*C_{пасс} + N_{гр}*C_{гр} + N_{сб}*C_{сб} + N_{уск}*C_{уск} + N_{приг}*C_{приг})$,

где $N_{ск}$, $N_{пасс}$, $N_{гр}$, $N_{сб}$, $N_{уск}$, $N_{приг}$ - нормативные размеры движения, соответственно, скоростных пассажирских, пассажирских, грузовых, сборных, ускоренных грузовых и пригородных поездов, установленные на рассматриваемом участке;

$C_{ск}$, $C_{пасс}$, $C_{гр}$, $C_{сб}$, $C_{уск}$, $C_{приг}$ - стоимость простоя 1 поездо-часа, соответственно, скоростных пассажирских, пассажирских, грузовых, сборных, ускоренных грузовых и пригородных поездов;

Величина потенциальных экономических потерь от возникновения барьерного места на определенном участке определяется по формуле:

(2) $E(i,j) = (P(i,j)_1*T_1 + P(i,j)_2*T_2 + P(i,j)_3*T_3 + P(i,j)_4*T_4)/24$,

где T_1 – время, необходимое для подъема восстановительного поезда и его доставку к месту возникновения транспортного происшествия [3]; T_2 – время от начала восстановительных работ до частичного восстановления перевозочной мощности элемента инфраструктуры [3]; T_3 – время на выполнение оставшихся работ по восстановлению перевозочной мощности инфраструктурного элемента до предыдущего уровня [3]; T_4 – время на стабилизацию поездной ситуации [3]. Под «стабилизацией» понимается возвращение системы к исходному состоянию.

Определение расположения восстановительных поездов является задачей теории графов на определение главного центра [6]. Для определения главного центра необходимо использовать алгоритмы построения матрицы нахождения кратчайшего пути.

Согласно [6] главный центр – любая вершина x, такая, что расстояние от нее до максимально отдаленной точки на дуге графа минимально, т.е. минимальное расстояние вершина-дуга (МВД):

(3) $МВД(x) = \min \{МВД(i)\}$,

где *min {МВД (i)}* - наименьшая величина строки i матрицы нахождения кратчайшего пути, согласно алгоритму Данцига.

Однако определение места дислокации восстановительного поезда с учетом одного лишь расстояния до предполагаемых барьерных мест на железнодорожных участках может быть недостаточно объективным, поскольку в данном случае в расчет не берутся размеры движения и, соответственно, потери от вынужденного простоя поездов различных категорий. Поэтому в данном случае целесообразно рассмотрение варианта взвешенного размещения. При этом каждому элементу рассматриваемой матрицы будет соответствовать произведение весов, входящих в элемент ребер, на длину элемента.

3 Методика решения

Железная дорога рассматривается как неориентированный граф, состоящий из определенного количества подграфов. Количество подграфов определяется количеством восстановительных поездов, установленных для данной железной дороги. Начальное количество восстановительных поездов, рассматриваемых в решении, принимается равным действующему актуальному количеству поездов;

Каждому восстановительному поезду присваивается зона обслуживания (определяется делением общей протяженности железнодорожных линий на число восстановительных поездов), размер которой определяется по территориальному принципу (протяженности зон обслуживания восстановительных поездов примерно равны). Полученные зоны обслуживания разбивают исходный граф на составляющие подграфы.

Для каждого подграфа определяются вес и длина составляющих его ребер. Затем происходит определение главных центров подграфов и производится выбор мест дислокации восстановительных поездов на каждой рассматриваемой зоне обслуживания.

Происходит объединение рассматриваемых подграфов в единый граф и в случае нахождения полученных главных центров рассматриваемых подграфов в непосредственной близости друг от

друга, производится корректировка числа восстановительных поездов, затем рассчитывается эффективность новой схемы размещения.

Предложенный порядок действий повторяется вновь уже с измененным количеством восстановительных поездов до тех пор, пока не исчезнет необходимость в корректировке количества восстановительных поездов или пока эффективность размещения восстановительных поездов не перестанет увеличиваться.

Выводы

В данной работе предлагается применение теории графов к системе размещения восстановительных поездов.

1) Для оценки вариантов выбора места дислокации восстановительного поезда на железнодорожном полигоне возможно применение алгоритма по поиску главного центра неориентированного графа, ребра которого представляют собой железнодорожные участки с присущими им характеристиками;

2) Для поиска места дислокации восстановительного поезда на железнодорожном полигоне может быть использован алгоритм поиска главного центра, который учитывает не только расстояния между участковыми и техническими станциями, но и интенсивность движения на участках полигона;

3) Предложен порядок поиска наиболее подходящих мест дислокации восстановительных поездов на железных дорогах.

Литература

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 26 декабря 2011 г. №2792р «Об утверждении и вводе в действие инструктивных указаний по организации аварийно-восстановительных работ на железных дорогах ОАО «Российские железные дороги». [Электронный ресурс].
2. http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=527851#04008700663103699 Распоряжение ОАО «РЖД» от 31 декабря 2015 г. №3188р «Об утверждении результатов классификации железнодорожных линий». [Электронный ресурс].
3. http://rly.su/ru/content/об-утверждении-результатов-классификации-железнодорожных-линий
4. А.Ф. Бородин, А.А. Сухов. Обеспечение функциональной надежности перевозочного процесса при размещении восстановительных средств железных дорог. Материалы конференции «Управление развитием крупномасштабных систем», М., 2018. - С.44-46.
5. Е.Н. Тимухина. Повышение функциональной надежности железнодорожных станций при технологических сбоях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н., Екатеринбург, 2012. - 44с.
6. Н.Е. Окулов. Методы и способы совершенствования взаимодействия производства и транспорта. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н., Екатеринбург, 2014. - 16с.
7. Э. Майника. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. Мир, М., 1984. - 324с.
8. В.С. Климанов. Об эффективности регулировочных мероприятий в условиях насыщения дорог поездопотоками. Вестник ВНИИЖТ., М., 1984. - С.5-8.
9. Е.А. Сотников, П.С. Холодняк. Рациональная технология временной отстановки поездов от движения. Вестник ВНИИЖТ., М., 2019. - С.3-9.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Терёшина Н.П., Подсорин В.А., Жаков В.В.

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ),
г. Москва,ул. Образцова, д. 9., стр. 9.
mtk3403@mail.ru, podsorin@mail.ru, zhakov.v@gmail.com

Аннотация: Инновационный путь развития российской экономики предполагает не только увеличение производства, но, прежде всего, повышение его качества, что в стратегической перспективе обеспечит высокий уровень конкурентоспособности товаров и услуг в стране. Это в полной мере относится и к железнодорожному транспорту, который выполняет основную часть грузовых и пассажирских перевозок на значительной части Евразийского континента. Развитие межгосударственной и межконтинентальной транспортно-коммуникационной сети позволит России внести существенный вклад в решение проблемы формирования глобальной интегрированной логистической системы, отвечающей требованиям нового века.

Ключевые слова: конкурентоспособность транспортных услуг, железнодорожный транспорт, управление транспортными услугами, логистический менеджмент, международный транспортный коридор

В настоящее время, в условиях глобализации экономики, создания крупных транснациональных корпораций идет интенсивный процесс формирования международных транспортных коридоров с целью обеспечения ускоренного перемещения больших объёмов материальных потоков между различными странами и континентами на основе внедрения современных логистических технологий доставки грузов.

Инновационный путь развития российской экономики предполагает не только увеличение производства, но, прежде всего, повышение его качества, что обеспечит высокий уровень конкурентоспособности товаров и услуг в стране. Это в полной мере относится и к железнодорожному транспорту, который выполняет основную часть грузовых и пассажирских перевозок на значительной части Евразийского континента. [2]

Для оценки конкурентоспособности перевозок необходимо использовать сочетание методов структурно-функционального анализа, а также подходов, основанных на теории качества продукции и современной концепции маркетинга на транспорте. Управление транспортной конкурентоспособностью основано на применении положений теории регулирования рыночных систем и факторного анализа экономических процессов в транспортном секторе. [1]

Классическое определение конкурентоспособности транспортной продукции понимается как способность выдержать конкуренцию замещающих товаров, услуг, с точки зрения завоевания той доли рынка, которая обеспечивает выгодные продажи транспортной продукции и необходимый рост выручки транспортного предприятия.

В 2008 году была разработана и утверждена Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года (далее – Стратегия). Целью Стратегии является создание условий для устойчивого социально-экономического развития России, повышение мобильности населения и оптимизации товародвижения, укрепления экономического суверенитета, национальной безопасности и обороноспособности страны, снижения совокупных транспортных издержек экономики, повышения конкурентоспособности национальной экономики и обеспечения лидирующих позиций России на основе опережающего и инновационного развития железнодорожного транспорта, что гармонично связано с развитием других отраслей экономики страны. [4]

Следующим шагом эволюции глобальной транспортной системы, согласно утверждённой Стратегии, является развитие системы международных транспортных коридоров. Под международным транспортным коридором (МТК) понимается часть национальной или международной транспортной системы, обеспечивающая значительные международные грузовые и пассажирские перевозки между конкретными географическими районами и странами, включая подвижной состав и стационарные объекты, все виды транспорта, действующие в этом направлении, а также совокупность технологических, организационных и правовых условий.

Система МТК нацелена на унификацию национального законодательства, гармонизацию транспортных систем Востока и Запада, создание международной транспортной инфраструктуры, имеющей общие технические параметры и обеспечивающей использование общих транспортных технологий в качестве основы для создания глобальных логистических систем и интеграции национальных транспортных систем в глобальную транспортную систему.[3]

Согласованное взаимодействие различных видов транспорта в зоне МТК и там, где сосредоточены большие грузопотоки, обеспечивает ускоренную и качественную перевозку грузов с высоким уровнем обслуживания клиентов, на основе единого сопроводительного документа, сквозных тарифов и с полной ответственностью экспедитора (оператора) за весь процесс перевозки.

У России есть значительные возможности радикально изменить расстановку сил в системе международной логистики. Для этого необходимо обеспечить, прежде всего, ускоренную модернизацию МТК на базе современных логистических центров (ЛЦ), в том числе в направлении Японии, Кореи и Китая с целью привлечения международных транзитных грузопотоков.

Международный транзит в широтном направлении по Транссибирской магистрали не только обеспечит дополнительные финансовые поступления, но и будет способствовать развитию богатейших территорий Сибири и Дальнего Востока. Это простимулирует развитие транспортной инфраструктуры в зоне перспективных месторождений топливно-сырьевых ресурсов и будет условием для обеспечения экономической безопасности страны. Кроме того, с развитием транспортных путей будет увеличиваться промышленное производство на обширных, слабо развитых территориях, активизироваться социально-экономическая сфера Сибири и Дальнего Востока, будут созданы условия для демографического восстановления региона.[5]

Другой международный евразийский МТК направления Север-Юг обеспечит транзитное сообщение через Россию для Северной и Центральной Европы с государствами Персидского залива и Индией.

Создание паромной переправы "Санкт-Петербург-Калининград - немецкие порты (Мукран и Киль)", которая также позволяет решить проблему транспортно-экономических связей с отдельной российской территорией, Калининградской областью, направлено на укрепление транзитной независимости России в балтийской зоне.

Международные транспортные коридоры сыграют значительную роль в повышении эффективности внешней торговли России и развитии мировой логистической системы на основе инновационных технологий. В настоящее время объем перевозок экспортно-импортных грузов на базе МТК составляет около 400 млн тонн в год. Привлечение около 5-7% от общего объема транзитных перевозок на евразийском направлении в транспортные коммуникации России обеспечит рост годовой выручки национальных транспортных и операторских компаний на 2-3 млрд. долларов к 2025 году.

Литература

1. *Bubnova G.V., Efimova O.V., Sokolov Y.I., Akopova E.S.* Management of risks and economic processes in russian railways ojsc in digital economy. Dostizhenija v oblasti intellektual'nyh sistem i vychislenij [Advances in Intelligent Systems and Computing], 2019, Vol. 726. pp. 320-325.
2. *Kazanskaya L.F., Palkina E.S.* Innovative imperatives for competitiveness of national transport systems in conditions of globalization. Globalizacija i ee social'no-jekonomicheskie posledstvija, materialy 16-j mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii *[*Globalization and its socio-economic consequences, 16th international scientific conference proceedings], 2016, TS I-V, Rajecke Teplice, Slovakia, pp. 839-846.
3. *Mezhokh Z.P.* System approach to the problem of risk management in transport companies. Vklad transporta v nacional'nuju jekonomicheskuju bezopasnost'. Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [The contribution of transport to national economic security. Collection of Proceedings of the International Scientific and Practical Conference], 2016, Moscow, Russia, pp. 181-185. (In Russian)
4. *Sokolov, Yu.I., Kozhevnikov R.A., Korisheva O.V.* Contribution of transport to national economic security. Jekonomika zheleznyh dorog [Economics of railways], 2016, vol. 9, pp. 49-53. (In Russian)
5. *Tereshina, N.P., Zhakov V.V.,* (2017). Modern aspects of controlling the competitiveness of transport complex, based on innovative management system. Desjataja mezhdunarodnaja konferencija «Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh sistem» *(MLSD)* [Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD)], 2017, Moscow, Russian Federation, vol. 2, pp. 114-116.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАК ВАЖНЕЙШЕЙ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА АРКТИКИ[83]

Фадеев А.М., Цукерман В.А.

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФИЦ КНЦ РАН,
Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана д.24а
AlexFadeev79@gmail.com, tsukerman@iep.kolasc.net.ru

Аннотация: Формирование эффективной интегрированной модели обеспечения шельфовых проектов в Арктике позволит существенно повысить безопасность реализации нефтегазовых операций, конкурентоспособность шельфовых проектов в Арктике и их коммерческую привлекательность, а также будет способствовать оптимизации производственных процессов компаний-операторов.

Ключевые слова: Арктика, шельф, логистика, обеспечение проектов.

Введение

Грядущее масштабное освоение Арктики потребует решения многих новых задач, часть из которых повлечет за собой разработку не только абсолютно новых и высокоэффективных технологий, но и более совершенных способов организации материально-технического обеспечения удаленных объектов, движения транспортных средств, минимизации воздействия на хрупкую экосистему в целом.

[83] *Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-02-00248 «Инновационные факторы в освоении Арктического шельфа и проблемы импортозамещения»*

В настоящее время Россия обладает уникальными транспортно-логистическими возможностями, которые благодаря естественным природным предпосылкам могут в значительной мере содействовать ее превращению в конкурентоспособное транзитное государство с развитой сферой услуг и сервисной экономикой.

1 Интересы России в Арктике

В настоящее время арктический континентальный шельф России рассматривается как ключевое звено экономики в связи с колоссальными запасами углеводородных ресурсов, промышленное освоение которых позволит компенсировать падение добычи нефти и газа в старых нефтегазодобывающих центрах страны.

В последние годы существенно возрос интерес к Арктическому региону со стороны всего мирового сообщества. Уже сегодня в Арктике реализуется целый ряд проектов, реализуемых мировыми энергетическими компаниями. Важно отметить, что Арктика сегодня попадает не только в сферу геополитических интересов циркумполярных стран (России, США, Канады, Дании и Норвегии), но и других государств, расположенных далеко от этого региона (Китая, Японии, Южной Корее), а также ряда международных организаций, которые ранее не участвовали в арктических делах (НАТО и ЕС). Для России, начавшей освоение полярного региона еще восемь столетий назад, Арктика сегодня является неотъемлемой частью российского геополитического пространства. [2]

Открытие в Арктике богатейших запасов природных ресурсов (в частности, углеводородов и руд), возможность организации и развития новых глобальных маршрутов обусловили переоценку геополитического положения региона и привели к нему внимание многих влиятельных государств мира.

В Арктической зоне сконцентрирована добыча 91% природного газа и 80% (от общероссийских разведанных запасов) газа промышленных категорий [1]. Общая стоимость минерального сырья в недрах арктических районов России, по оценкам, превышает 30 трлн. долларов. А общая стоимость разведанных запасов – 1,5-2 трлн. долларов. Приведенные данные свидетельствуют о низкой степени разведанности и освоения недр, однако в будущем российский шельф может стать основным источником нефти и газа для России, а также для мирового рынка в целом [3].

Освоение арктического шельфа является сложной, многовекторной задачей, предполагающей всестороннее развитие технологического, технического, экономического и экологического обеспечения реализуемых проектов.

Важно отметить, что ни одна из существующих морских держав, ведущая добычу углеводородов на морском шельфе, не сталкивалась с условиями, сравнимыми с шельфом российской Арктики.

Районы предполагаемой добычи расположены далеко за Полярным кругом, в весьма сложных климатических условиях. До 6 месяцев году в районах Арктики наблюдается полярная ночь, экстремально низкие температуры, штормовая погода, шквалистый ветер, значительное волнение моря, паковые льды и вероятность появления айсбергов. Все это создает значительные вызовы при организации материально-технического обеспечения морских объектов и организации доставки и ротации персонала в район проведения работ.

2 Вызовы, связанные с освоением арктического шельфа

Освоение арктического шельфа является сложной, многовекторной задачей, предполагающей всестороннее развитие технологического, технического, экономического и экологического обеспечения реализуемых проектов.

Важно отметить, что ни одна из существующих морских держав, ведущая добычу углеводородов на морском шельфе, не сталкивалась с условиями, сравнимыми с шельфом российской Арктики.

Районы предполагаемой добычи расположены далеко за Полярным кругом, в весьма сложных климатических условиях. До 6 месяцев году в районах Арктики наблюдается полярная ночь, экстремально низкие температуры, штормовая погода, шквалистый ветер, значительное волнение моря, паковые льды и вероятность появления айсбергов. Все это создает значительные вызовы при организации материально-технического обеспечения морских объектов и организации доставки и ротации персонала в район проведения работ.

Проведенный анализ добычи углеводородов на шельфе показывает, что из-за значительной протяженности шельфа России и отсутствия необходимого развития приарктических регионов, инфраструктурное обеспечение морских нефтегазовых проектов выступает одним из важнейших вопросов успешной реализации проектов в Арктике.

Необходимым условием реализации любого шельфового проекта является создание на прибрежной территории технологических объектов, образующих взаимосвязанную технико-

технологическую и транспортную систему и обеспечивающих снабжение морских промыслов, а также вывоз добытой продукции.

В настоящее время необходимо уточнения существующего законодательства с точки зрения формирования благоприятного инвестиционного климата для разработки шельфовых месторождений. Речь идет об открытии пунктов пропуска через государственную и таможенную границу, снятии ряда ограничений по допуски иностранных специалистов на объекты транспортно-логистической инфраструктуры российских портов и развитии условий, которые позволили бы российским и иностранным инвесторам эффективно присутствовать в приарктических регионах. Кроме того, в настоящее время в Арктической зоне отсутствует так называемая сервисная инфраструктура, которая необходима для эффективного освоения арктических месторождений, наблюдается дефицит технологий и производственных мощностей, необходимых для освоения шельфа, отсутствует развитая конкуренция между поставщиками и подрядчиками, которые обслуживают нефтегазовый сектор. Так, в настоящий момент отсутствует постоянная поддержка сервисных компаний на местах реализации проектов, что приводит к необходимости мобилизации персонала и оборудования из других регионов, что ведет к удорожанию проектов. Кроме того, существует монополия ряда подрядчиков на некоторые виды продукции и услуг, что ставит компании-операторы в невыгодное положение.

Основные вызовы, стоящие сегодня перед операторами шельфовых проектов в Арктике, можно условно разделить на 3 группы (таблица 1).

Современная комплексная система обеспечения шельфового проекта имеет первостепенное значение в вопросах эффективного освоения месторождений. Говоря о комплексной системе обеспечения, подразумевается не просто транспортно-логистическую схема по доставке грузов из пункта А в пункт Б. Это интегрированная модель снабжения, доставки и ротации персонала в местах проведения работ на всех этапах от геологоразведки до эксплуатации и последующей транспортировки углеводородов в значительных объемах к местам сбыта.

Таблица 1. Основные транспортно-логистические вызовы при освоении месторождений [3]

Технические	**Экономические**	**Организационные**
Арктическая среда Чувствительная экосистема Вероятность появления айсбергов Удаленность от береговой линии	Жесткий график выполнения операций (организация работ во время «погодного окна») Выбор оптимальной схемы доставки персонала и грузов	Строгое соблюдение международных требований в области ОТ и ТБ Вопросы безопасного движения транспорта Мультинациональный коллектив

В связи с этим, одним из вызовов, стоящих сегодня перед операторами морских нефтегазовых проектов, является необходимость формирования так называемых эффективных «сорсинговых» стратегий, а именно стратегий по привлечению транспортных средств, способных эффективно работать в арктических условиях. Речь идет о специальных танкерах ледового класса, о необходимых судах снабжения, вертолетах, судах вспомогательного флота, таких как кабелеукладчики и трубоукладчики. Важнейшим элементом является береговая инфраструктура, в частности, комплексная база обеспечения, верфи для строительства судов и платформ, которые, в том числе, во многом определяют наукоемкость реализуемых проектов.

Эффективное освоение шельфовых месторождений возможно только при создании комплексной система обеспечения шельфовых проектов. Такая система предполагает разработку стратегий обеспечения проектов, с учетом альтернативных вариантов, а также оптимальных технико-экономических решений по всему спектру вопросов, связанных с организацией обеспечения проектов в Арктике: организация баз снабжения, выбор морского, авиационного, берегового транспорта, открытие пунктов пропуска, логистика персонала и углеводородов.

Помимо климатических условий, обусловленных природными факторами, существует ряд вызовов, связанных с так называемыми сорсинговыми стратегиями (выбором соответствующих морских и авиационных транспортных средств, способных эффективно работать в арктических условиях в соответствии с международными стандартами в области охраны труда и техники безопасности).

Стоит отметить, что освоение Арктики – высокотехнологичный и инновационный процесс, определяющий инновационное развитие целого ряда отраслей и территорий, формирующий кластеры конкурентоспособности. Освоение морских углеводородных месторождений на шельфе, несмотря на «сырьевую» направленность, полностью соответствует стратегической линии государства по

переходу на инновационный путь развития. Кроме того, в настоящее время на шельфе работают уже более 10 государств, уже сегодня имеющие технологии по разведке и добыче углеводородов, схожие с технологиями освоения космоса.

Для эффективной реализации арктических проектов, необходим системный анализ особенностей всех этапов освоения месторождений, региональной инфраструктуры, перспектив международной и корпоративной кооперации, учитывающих современные требования к организации материально-технического обеспечения морских нефтегазовых проектов.

Литература

1. *Пилявский В.П.* Арктика как центр геополитических и экономических интересов. [Электронный ресурс]:http://library.fes.de/pdf-files/bueros/moskau/07996.pdf
2. *Пупкова А.А.* Российские интересы в Арктике. Интернет-ресурс. Режим доступа: http://voprosik.net/rossijskie-interesy-v-arktike/
3. *Фадеев А.М.* Совершенствование экономических подходов к управлению освоением морских углеводородных месторождений Арктики – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2012. - 269с.

УПРАВЛЕНИЕ НАЗЕМНЫМ ТРАНСПОРТОМ С ПОМОЩЬЮ АВТОНОМНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Хаблов Д.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
dkhablov@mail.ru

Аннотация: Эффективное управление наземным транспортом в управляемом и беспилотном режиме невозможно без его точного и непрерывного позиционирования. В работе рассматриваются возможности увеличения этой точности в условиях отсутствия или неуверенного приема сигналов от спутников глобальной системы навигации. При этом применение дополнительной автономной инерциальной системы для решения этой проблемы в данном случае не оправдано по соображениям точности и стоимости. Поэтому предложено решение на основе радиолокационных доплеровских датчиков в качестве альтернативной автономной системы навигации. Рассмотрены методы измерения векторной скорости и алгоритм прямого непрерывного измерения перемещений. Показано, что последний вариант измерения позволяет существенно уменьшить накопительную ошибку в позиционировании транспортных средств.

Ключевые слова: автономная навигация, эффект Доплера, СВЧ датчик перемещения, квадратурный смеситель.

Введение

Существующие глобальные спутниковые (GNSS), региональные и локальные навигационные системы широко используются для позиционирования воздушных и наземных транспортных средств (ТС), как управляемых, так и беспилотных. Использование одной GNSS позволяет достичь точности (1-6 м), вполне достаточной для большинства гражданских приложений (для автомобилей, навигации судов и летательных аппаратов в открытом пространстве). В тоже время, для требований профессиональных служб, безопасности и жизненно важных приложений, например, для проведения судов в гавань или посадки самолета, а также для навигации в закрытых помещениях, где на точность позиционирования воздействует ослабление сигнала при его прохождении через стены и многолучевое распространение от зданий и других естественных объектов, необходима более высокая точность. Использование дополнительных базовых наземных станций и локальных систем навигации в помещениях (WLAN, RFID, WSN, UWB) позволяют повысить точность позиционирования примерно до 1 м, но не более. При этом существенно возрастают затраты на инфраструктуру (размещение сотовой системы датчиков и их обслуживание). Поэтому для увеличения точности позиционирования в наземных ТС также как и в воздушных параллельно применяются автономные инерциальные системы навигации (INS). Координаты вычисляются в результате слияния данных этих двух систем. INS обеспечивает большую точность на коротких дистанциях, а для коррекции, используются данные базовых систем навигации (GNSS и др.). Однако при этом инерциальные системы при наземном использовании имеют существенные недостатки. Во-первых, они выглядят дорогостоящими по сравнению с воздушными, во-вторых показания зависят от массы и сил сцепления ТС с поверхностью и в-третьих, они имеют главный недостаток – накопительный характер ошибок [1]. Поэтому актуальной является задача поиска альтернативных

автономных систем позиционирования, в качестве которой и рассматривается радиолокационная система на основе СВЧ датчиков.

1 Радиолокационная навигационная система

Радиолокационная система навигации строится на основе применяемого в авиации доплеровского измерителя скорости и угла сноса (ДИСС). Данная система обладает преимуществом перед INS, поскольку ее результат учитывает смещение летательного аппарата от воздушного потока и не зависит от сопротивления воздуха. В наземном варианте две антенны из одной точки впереди или с двух сторон ТС излучают вперед и под углами α к направлению движения в вертикальной плоскости и под углами β по разную сторону от его оси в горизонтальной плоскости, электромагнитные волны с частотой f0. Отраженные от поверхности дороги электромагнитные волны принимаются этими же антеннами. Затем они смешиваются в смесителе с частью излучаемых волн, в результате чего выделяются два доплеровских сигнала с частотами fД1 и fД2 для левой и правой сторон. Эти частоты пропорциональны скоростям взаимного перемещения S1 и S2 между антеннами и центрами следов от диаграмм направленности антенн на поверхности (Рис.1):

(1) $$fD1 = 2V1\cos(\alpha)\cos(\beta)/\lambda 0 \quad \text{и} \quad fD2 = 2V2\cos(\alpha)\cos(\beta)/\lambda 0,$$

где λ0 = c/f0 – длина волны электромагнитных колебаний, c – скорость света.

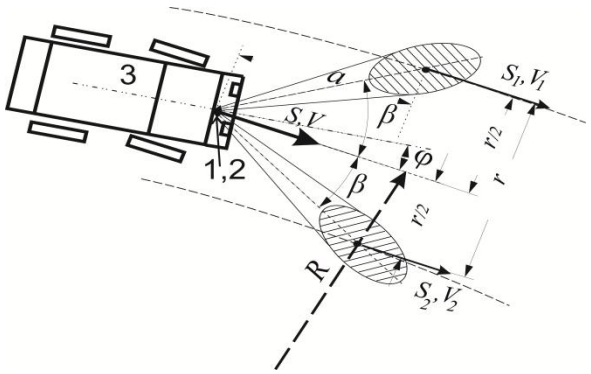


Рис.1 Расположение антенн доплеровских датчиков 1 и 2 на транспортном средстве 3, сверху при его движении

В результате преобразований можно получить выражение для векторной скорости перемещения автомобиля за каждый дискретный момент времени Δt в виде модуля V и угла φ [2]:

(2) $$V = \lambda_0(f_{D1} + f_{D2})/4\cos(\alpha)\cos(\beta)$$
$$\varphi = \lambda_0(f_{D1} - f_{D2})/4\pi r\cos(\alpha)\cos(\beta)$$

Таким образом, весь маршрут можно разбить на дискретные отрезки Δt_i , где $i = 0, 1,2\ldots N$, где N – общее число таких отрезков. Для описания характера движения в этом случае можно использовать двумерный массив этих значений $\{V_i,\varphi_i\}$. Движение на каждом временном отрезке Δt_i происходит по окружности с радиусом R_i, который определяется из формулы:

(3) $$R_i = r(f_{D1i} + f_{D2i})/2(f_{D1i} - f_{D2i})$$

Если перейти к прямоугольной системе координат, то маршрут можно записать в виде следующего рекуррентного выражения:

(4) $$x_i = L_1\sin\varphi_1 + L_2\sin(2\varphi_1 + \varphi_2) + \ldots + L_{i-1}\sin(2\varphi_1 + 2\varphi_2 + \ldots + \varphi_{i-1})$$
$$y_i = L_1\cos\varphi_1 + L_2\cos(2\varphi_1 + \varphi_2) + \ldots + L_{i-1}\cos(2\varphi_1 + 2\varphi_2 + \ldots + \varphi_{i-1}),$$

где $L_i = 2R_i\sin(\varphi_i)$ - длина хорды перемещения автомобиля за отрезок времени Δt_i .

Таким образом, для позиционирования транспортного наземного средства необходимо точно и быстро измерять f_{D1} и f_{D2} (4), все остальные параметры - f_0, c, r, α и β можно считать постоянными, а некоторые могут быть корректируемыми в процессе работы.

2 Методы измерения доплеровской частоты в радиолокационной системе позиционирования

Обычно доплеровскую частоту измеряют по максимуму спектральной плотности выделенного доплеровского сигнала. Однако в случае радиолокационной навигации для наземного транспорта существует определенная специфика, усложняющая процесс. Это связано с расположением антенны достаточно близко к отражающей поверхности и направлением излучения под углом. Это приводит к искажениям спектра и смещением собственно доплеровской частоты от положения его максимума [3]. Поэтому был разработан метод с использованием симметричной пилообразной частотной модуляции (СПЧМ) [4]. В нем вычисляется функция взаимной корреляции между спектрами доплеровских сигналов на растущем и падающем участке СПЧМ, а доплеровская частота собственно определяется по частотному сдвигу ее максимума. Еще один метод использует непрерывное излучение постоянной частоты, но с использованием в приемном тракте квадратичного смесителя [4]. В нем входной отраженный сигнал разделяется на два плеча (I и Q), в одном из которых осуществляется поворот по фазе на 90˚ (Q – канал) в линии задержки на $\lambda_0/4$. Таким образом, фактически воспроизводится аналитический сигнал преобразования Гильберта. В дальнейшем мгновенная доплеровская частота f_D и, соответствующая ей скорость движения – $V(t)$ определяются по временному сдвигу между выходными доплеровскими сигналами $t_з$, по прямому – I и квадратурному - Q каналам [5]. Оба метода позволяют устранять влияние искажения спектра доплеровского сигнала из-за работы антенны в ближней зоне.

3 Прямое измерение перемещения доплеровским датчиком с квадратурным смесителем

Автономная инерционная система INS определяет перемещение после двойного интегрирования по времени показаний акселерометров по трем осям и интегрирования датчиков скорости вращения, что приводит к накоплению ошибки в промежутках между коррекциями. Если для применения в летательных аппаратах эта особенность не имеет существенного значения из-за доступности корректирующих сигналов от спутников системы GNSS, то в случае наземных ТС может приводить к существенным ошибкам в позиционировании. Для снижения эффекта влияния накопления ошибки, в радиолокационной системе реализован переход к прямому измерению перемещения без необходимости интегрирования скорости по времени на основе I-Q смесителя. В этом методе выделяется последовательность импульсов в моменты пересечения $I(t)$ и $Q(t)$ сигналов и ведется непрерывный их подсчет. В результате вычисляются пути взаимного перемещения S_{1i} и S_{2i} между антеннами и центрами следов от диаграмм направленности антенн на поверхности (см. Рис.1). Выражение для массива векторов перемещения $\{L_i,\varphi_i\}$ вместо векторов скоростей $\{V_i,\varphi_i\}$ можно записать в следующем виде:

$$L_i = r\left(\frac{S_{1i}+S_{2i}}{S_{1i}-S_{2i}}\right)\sin\left(\frac{(S_{1i}-S_{2i})90^\circ}{\pi r}\right),\ \varphi_i = \frac{(S_{1i}-S_{2i})90^\circ}{\pi r}, \quad (5)$$

с последующим вычислением маршрута по формуле (4). При этом методическая погрешность измерения пути будет равна половине длины волны несущего СВЧ излучения.

Заключение

В результате настоящей работе были разработаны:

- Автономный способ позиционирования наземного транспорта с помощью СВЧ датчиков.
- Способ обработки доплеровского сигнала для ближней зоны антенны СВЧ датчика при ее направлении под углом к поверхности с помощью СПЧМ и при использовании квадратурного смесителя в приемном тракте.
- Прямое измерение перемещения наземного транспорта на основе I-Q смесителя.

Результаты могут быть использованы в позиционировании управляемых и беспилотных наземных транспортных средств в условиях отсутствия или нестабильного приема сигналов GNSS, например, в производственных помещениях или в условиях плотной городской застройке, как альтернатива инерциальной навигационной системе.

Литература

1.Дардари Д., Фаллети Э., Луизе М. Методы спутникового и наземного позиционирования. Перспективы развития технологий обработки сигналов. ТЕХНОСФЕРА, Москва, 2012.

2.Хаблов Д.В. Обработка сигнала СВЧ датчиков для наземной автономной навигации / Материалы 28-ой Международной Крымской конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо'2018, Севастополь). Севастополь: КНТЦ им. Попова, 2018. Т. 6. С. 1421-1428.
3.Xu Ch., Daniel L., Hoare E., Sizov V., Cherniakov M. Comparison of Speed over Ground Estimation Using Acoustic and Radar Doppler Sensors. Proceedings of the 11th European Radar Conference. Rome, Italy, 2014, pp. 189-192
4. Хаблов Д.В. Correlation Method for Signal Processing of Microwave Doppler Sensors. MEASUREMENT TECHNIQUES. 2017. Vol.60, No.5, C. 505 -509.
5. Хаблов Д.В. Autonomous navigation system of ground transport based on Doppler sensors for measuring vector velocity. // MEASUREMENT TECHNIQUES. 2018. Vol. 61, No. 4. C. 384-389.

МЕХАНИЗМЫ ОБУЧЕНИЯ В ВАГОНОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Цыганов В.В.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
bbc@ipu.ru

Аннотация: Рассмотрены механизмы управления ремонтом вагонов в условиях неопределенности. При этом персонал может использовать неизвестный менеджменту производственный потенциал так, чтобы обеспечить себе лучшие стимулы сегодня и в будущем. Разработаны механизмы управления с помощью обучающих инструкций, в котором управляющие воздействия – стимулы формируются на основе оценок, получаемых посредством процедур стохастической аппроксимации. При этом обеспечивается полное использование персоналом неизвестного менеджменту потенциала вагоноремонтного производства.

Ключевые слова: транспорт, вагон, производство, неопределенность, управление, обучение, дальновидность.

Многие задачи управления вагоноремонтным производством в условиях неопределенности сводятся к классификации наблюдаемых ситуаций и событий [1]. Будем предполагать, что потенциал этого производства в периоде t есть случайная величина $\xi_t \in \Delta$, где Δ - компакт. При этом плотность ее распределения $q(\xi_t)$ ограничена: $q(\xi_t) \le q^*$. Величина ξ_t принадлежит, с условной плотностью распределения $q(\xi / k) = q(\xi)$ и априорной вероятностью, к одному из двух неизвестных заранее классов Δ_k^o, $k = \overline{1,2}$, $\Delta_1^o \cup \Delta_2^o = \Delta$. Рассмотрим вначале случай, когда ξ_t известно. Классификация, т.е. отнесение ситуации ξ к одному из двух классов Δ_k^o, $k = \overline{1,2}$, связана с риском. Проблема заключается в определении разбиения, минимизирующего средний риск, связанный с классификацией.

Обозначим через $\{\Delta_1, \Delta_2\}$ некоторое разбиение множества Δ на два подмножества $\Delta_1 \cup \Delta_2 = \Delta$, через ω_{km} - потери, возникающие при отнесении ситуации класса Δ_k^o к классу Δ_m^o (или, иначе, при попадании ситуации класса Δ_k^o в подмножество Δ_m). Предполагается, что $\omega_{11} < \omega_{12}$, $\omega_{22} < \omega_{21}$. Минимизируется средний риск, оценивающий качество классификации:

(1) $$\sum_{k=1}^{2}\sum_{m=1}^{2}\omega_{km}\int_{\Delta_m} Q_k q_k(\xi)d\xi \to min$$

Уравнение для определения точки ξ^*, разделяющей области Δ_1 и Δ_2, при условии минимизации среднего риска (1), имеет вид

(2) $$\mu_{12}(\xi^*) = \sum_{k=1}^{2}(\omega_{k1} - \omega_{k2})Q_k q_k(\xi^*) = 0.$$

Оптимальное решающее правило имеет вид: $\xi \in \Delta_1$, если $\mu_{12}(\xi) < 0$, в противном случае $\xi \in \Delta_2$.

Предположим теперь, что априорные вероятности Q_k, $k = \overline{1,2}$ неизвестны лицу, принимающему решения (кратко - Менеджеру). Рассмотрим задачу выделения указанных классов с помощью решающего правила на основе процедуры обучения Менеджера Тьютором [1]. Именно, предположим

наличие указаний Тьютора Менеджера, касающихся принадлежности любой ситуации ξ_t двум непересекающимся классам Δ_1^0 и Δ_2^0, $\Delta_1^0 \cup \Delta_2^0 = [0,b]$:

(3) $$S(\xi_t) = \begin{cases} 0, & \text{если} \quad \xi_t \in \Delta_1^0, \\ 1, & \text{если} \quad \xi_t \in \Delta_2^0. \end{cases}$$

Заметим, что (3) эквивалентно существованию ξ^* такого, что $\Delta_1^0 = [0,\xi^*)$ и $\Delta_2^0 = [\xi^*,b]$. Поэтому выражение (3) можно записать в виде

$$S(\xi_t) = \Theta(\xi_t - \xi^*) = \begin{cases} 1, & \text{если} \quad \xi_t \geq \xi^* \\ 0, & \text{если} \quad \xi_t < \xi^* \end{cases},$$

где ξ^* - параметр решающего правила Тьютора. Если бы были известны Q_k, $k = \overline{1,2}$, и путем решения (2) удалось найти ξ^*, то оптимальное решающее правило Менеджера имело бы вид $\mu_{12}(\xi) = \xi - \xi^*$. Однако это невозможно, поскольку Менеджеру неизвестны соответствующие априорные вероятности. В связи с этим, рассмотрим стохастическую аппроксимацию $\mu_{12}(\xi)$ в виде:

(4) $$\mu_{12}(c,\xi) = \xi - c.$$

Воспользуемся следующим решающим правилом: при $\xi_t < c$ ситуация относится к классу 1 ($\xi_t \in \Delta_1$), в противном случае - к классу 2 ($\xi_t \in \Delta_2$). Здесь c - параметр, настраиваемый таким образом, чтобы минимизировать критерий качества стохастической аппроксимации параметра ξ^* оптимального решающего правила $\mu_{12}(\xi)$:

(5) $$J_{\xi^*}(c) = \int_{\Delta} [\mu_{12}(\xi) - \mu_{12}(c,\xi)]^2 d\xi.$$

С учетом (1)-(4), условие минимума критерия (5) имеет вид

(6) $$\frac{dJ_{\xi^*}(c)}{dc} = c\ell + E_\xi\{\omega_{11} - \omega_{12} + \tilde{\omega} S(\xi) - h\} = 0, \quad \ell = \int_{\Delta} d\xi, \; h = \int_{\Delta} \xi d\xi, \; \tilde{\omega} = \sum_{k,m=1}^{2} (-1)^{k+m+1} \omega_{km}$$

где E_ξ - символ математического ожидания. Для решения уравнения (6) можно использовать алгоритм стохастической аппроксимации:

(7) $$c_{t+1} = I^S(c_t, \xi_t) = c_t - \gamma_t\{c_t + [\omega_{11} - \omega_{12} + \tilde{\omega} S(\xi_t) - h]/l\} \xrightarrow[t]{} a(\xi^*) = \arg\min_c J_{\xi^*}(c)$$

Здесь $a(\xi^*)$ - наилучшая аппроксимация параметра решающего правила Тьютора ξ^*.

На практике персонал часто более осведомлен о потенциале производства, чем менеджмент. В таких случаях говорят об асимметричной осведомленности сторон. Обычно руководство заинтересовано в использовании неизвестного ему потенциала. Тем не менее, персонал, зная истинный потенциал, может выбрать своё состояние так, чтобы обеспечить лучшие стимулы сегодня и в будущем.

Предположим, что потенциал ξ_t неизвестен как Менеджеру, так и Тьютору. Однако ξ_t становится известен персоналу в начале периода t, то есть до выбора его выхода y_t. Дальновидный персонал (ДП) выбирает в своих интересах y_t, который не обязательно равен потенциалу ξ_t ($y_t \neq \xi_t$). Менеджеру и Тьютору остается только наблюдать за выходом ДП y_t.

Предположим, что Тьютор может установить, к какому классу (Δ_1^0 или Δ_2^0) относится наблюдаемое состояние y_t. Однако величина потенциала ДП ξ_t ему неизвестна. Поэтому Тьютор не в состоянии выявить случаи неполного использования элементом своего потенциала (т.е. ситуации y_t, в которых $y_t < \xi_t$). Далее, предположим, что для поддержки своих решений Менеджер использует инструкции Тьютора:

(9) $$S(y_t) = \begin{cases} 0 & if \quad y_t \in D_1^0 \\ 1 & if \quad y_t \in D_2^0 \end{cases}$$

Кроме того, для управления в условиях неопределенности относительно ξ_t, Менеджер формирует собственные оценки с помощью процедуры стохастической аппроксимации (7):

(10) $$a_{t+1} = I^S(a_t, y_t),$$

где y_t - наблюдаемое Менеджером состояние ДП, не обязательно совпадающее с его потенциалом $(y_t \le \xi_t)$.

Рассмотрим механизм управления с помощью инструкций Тьютора (кратко – ТМ) $\Sigma^S = (I^S, f)$, в котором управляющие воздействия в периоде t – стимулы φt формируются на основе оценок, получаемых посредством процедуры стохастической аппроксимации (10). Менеджер должен установить такой ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$, который обеспечивает полное использование неизвестного ему потенциала ξ_t, т.е. выполнении равенства: $y_t = \xi_t$. Персонал же, зная потенциал ξ_t и ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$, должен выбрать своё состояние так, чтобы обеспечить себе лучшие стимулы сегодня и в будущем.

Рассмотрим игру ДП и Менеджера, возникающую вследствие их асимметричной информированности о потенциале ξ_t. Исходя из того, что выход y_t не может превышать потенциал ξ_t, ДП выбирает y_t, $y_t \le \xi_t$, так, чтобы максимизировать свою целевую функцию:

(11) $$V(a_t, y_t) = \sum_{\tau=t}^{t+T} \rho^{\tau - t} \varphi_\tau, \quad 0 < \rho < 1,$$

где ρ - коэффициент дисконтирования, T - дальновидность персонала.

Заметим, что при $y_t \ne \xi_t$ из (6) и (7), вообще говоря, следует $a_t \ne c_t$, так что a_t не сходится к оптимальному параметру $a(\xi^*)$. Поэтому оценки, получаемые с помощью ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$, могут быть далеки от оптимальных. Следовательно, другая важная задача менеджмента - проектирование корректного ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$, при котором $a_t \underset{t}{\to} a(\xi^*)$. Будем говорить, что ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$ корректен, если оценки параметра, получаемые на основе стохастической процедуры (10), сходятся к $a(\xi^*)$- наилучшей аппроксимации параметра решающего правила ξ^* (7).

Будем предполагать, что справедлива гипотеза благожелательности персонала по отношению к менеджменту: если множество выходов y_t, на которых достигается максимум $V(a_t, y_t)$ (11), включает точку $y_t^* = \xi_t$, то ДП выбирает выход y_t^*, равный потенциалу: $y_t^* = \xi_t$ (т.е. персонал использует весь потенциал производства).

Теорема. Для использования потенциала производства ($y_t^* = \xi_t$) и корректности ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$ достаточно:

(12) $$f(a_t, y_t) = \Theta(y_t - a_t) = \begin{cases} 1 & при \quad y_t \ge a_t \\ 0 & при \quad y_t < a_t \end{cases}.$$

Доказательство. Согласно (11), целевая функция ДП V_t зависит как от текущих, так и от будущих стимулов φt,…, φt+T. По условию (12), текущий стимул $\varphi t = f(a_t, y_t)$ возрастает (не убывает) с ростом показателя y_t. Далее, в ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$ используется процедура обучения с Тьютором I^S (10), определяемая с учетом (7). Согласно (9), величина $S(y_t)$ возрастает (не убывает) с ростом y_t. Кроме того, согласно (7) и (10), нормы a_τ, с ростом $S(y_t)$, убывают (не возрастают), $\tau = \overline{t+1, t+T}$. С другой стороны, согласно (12), с убыванием нормы a_τ, будущий стимул в периоде τ - $\varphi\tau = f(a_\tau, y_\tau)$ возрастает (не убывает) при любом τ, $\tau = \overline{t+1, t+T}$. Следовательно, с ростом показателя y_t, будущие стимулы со стороны Центра $\varphi\tau = f(a_\tau, y_\tau)$ возрастают (не убывают) при $\tau = \overline{t+1, t+T}$.

Но целевая функция ДП V_t - монотонно возрастающая функция φ_τ, $\tau = \overline{t,t+T}$. Следовательно, с ростом показателя y_t, возрастает (не убывает) и величина $V(a_t, y_t)$. Поскольку $y_t \le \xi_t$, то максимум $V(a_t, y_t)$ достигается при $y_t = \xi_t$. Следовательно, согласно гипотезе благожелательности ДП по отношению к Центру, $y_t^* = \xi_t$. При этом выполняется (7), и оценки a_t сходятся к $a(\xi^*)$, ч.т.д.

Заметим, что согласно (7), (10), чем выше показатели ДП (y_t), там ниже норма его оценки на следующий период (a_{t+1}). Это соответствует дополнительным стимулам для развития элемента – при повышении показателя y_t, ДП получает не только более высокое поощрение, но и «планка оценки» для него в будущем (a_{t+1}) понижается. Далее использование ТМ $\Sigma^S = (I^S, f)$ иллюстрируется на примере вагоноремонтного производства ОАО «РЖД» [2].

Литература

1. *Tsyganov V.* Tutoring mechanisms of business management / 21st IEEE International Conference on Business Informatics, July 15-17, 2019, NRU HSE, Moscow: IEEE, 2019.
2. *Tsyganov V.* Tutoring mechanisms of wagon-repairing / Management of Large-Scale System Development, October 1-3, 2019, Moscow: IEEE, 2019.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ КОММУНИКАЦИЯМИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ[84]

Цукерман В.А., Горячевская Е.С.

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФИЦ КНЦ РАН,
Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24 а
tsukerman@iep.kolasc.net.ru

Аннотация: Выполнен анализ обеспеченности транспортными коммуникациями регионов Севера и Арктики, который показал, что только Архангельская область, Мурманская область и Приморский край характеризуются развитой сетью транспортных коммуникаций, остальные регионы характеризуются слабым развитием. Определены стратегические направления социально-экономических преобразований обеспечения транспортными коммуникациями на Севере и в Арктике.

Ключевые слова: транспортные коммуникации, обеспечение, регион, Северный морской путь.

Для северных и арктических территорий транспортные коммуникации играют ключевую роль, определяя место в системе многочисленных межрегиональных и межстрановых взаимодействий, развитие экономических процессов, глобализацию хозяйственной деятельности. Они объединяют национальные морские, включая Северный морской путь (СМП), железнодорожные, речные и аэропортовые коммуникации в единую сеть международных транспортных коридоров (Северо-Западный и Трансполярный) проходы [1, 2].

В работе выполнен анализ обеспеченности транспортными коммуникациями Архангельской, Мурманской, Магаданской и Сахалинской областей, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов, Республики Саха (Якутия), Красноярского, Камчатского и Приморского краев. Рассчитаны основные показатели обеспеченности транспортными коммуникациями северных регионов и проанализирована динамика изменения за 2010-2017 г. (таблица 1 и 2).

[84] *Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-02-00248 «Инновационные факторы в освоении Арктического шельфа и проблемы импортозамещения»*

Таблица 1. Основные показатели обеспеченности транспортными коммуникациями северных регионов России (2010 год) [3-5]

	Плотность железнодорожных путей, км путей на 10000 км^2 территории	Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием, км путей на 1000 км^2 территории	Доля транспорта в ВРП, %	Грузоемкость экономики	Доля инвестиций в развитие транспорта, %	Степень износа основных фондов, %
Архангельская область	30	26,0	13,6	1,25	34,81	41,0
Ненецкий АО	0	1,1	7,0	0,16	0,49	15,8
Мурманская область	60	19,0	10,1	0,16	15,58	34,6
Ямало-Ненецкий АО	6	1,8	8,4	0,27	30,14	49,3
Красноярский край	9	6,4	8,5	0,26	9,16	41,1
Республика Саха (Якутия)	2	2,7	11,1	0,28	39,30	40,8
Камчатский край	0	3,6	5,2	0,38	56,70	47,6
Приморский край	95	52,0	21,1	0,25	46,26	28,5
Магаданская область	0	4,7	10,4	0,46	16,84	60,6
Сахалинская область	92	14,0	4,5	0,04	23,18	28,3
Чукотский АО	0	0,8	5,4	0,08	6,11	28,2
Российская Федерация	50	39,0	10,5	0,53	26,67	35,8

Только три региона (Архангельская и Мурманская область, а также Приморский край) характеризуются развитой сетью транспортных коммуникаций. В Архангельской области имеются три аэропорта (Архангельск, Котласс, Нарьян-Мар), магистральные автомобильные и железные дороги, три порта, в т.ч. в Архангельске – международный. На территории Мурманской области расположены три аэропорта (Мурманск, Хибины, Ловозеро), магистральные автомобильные и железные дороги, три порта, в т.ч. в Мурманске – международный. В Приморском крае основная роль принадлежит воздушному и водному транспорту, имеются четыре аэропорта (Владивосток-международный, Дальнереченск, Кавалерово, Пластун) и шесть морских портов (Владивосток, Находка, Восточный, Зарубино, Посвет, Ольга) [6-8].

Таблица 2. Основные показатели обеспеченности транспортными коммуникациями северных регионов России (2017 год)

	Плотность железнодорожных путей, км путей на 10000 км2 территории	Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, км путей на 1000 км^2 территории	Доля транспорта в ВРП, %	Грузоемкость экономики	Доля инвестиций в развитие транспорта, %	Степень износа основных фондов, %
Архангельская область	30	29,0	12,2	0,47	26,89	55,4
Ненецкий АО	0	1,4	6,7	0,28	1,08	53,0
Мурманская область	60	23,0	11,3	0,95	21,56	44,1
Ямало-Ненецкий АО	6	3,0	4,7	0,65	6,54	30,3
Красноярский край	9	12,0	6,5	1,63	8,35	38,5
Республика Саха (Якутия)	2	3,9	7,6	2,08	34,37	39,9
Камчатский край	0	4,4	5,2	0,23	8,00	35,6
Приморский край	95	90,0	21,1	1,54	22,48	40,4
Магаданская область	0	5,5	5,9	1,67	9,10	48,9
Сахалинская область	96	25,0	4,2	0,52	4,92	29,0
Чукотский АО	0	1,2	5,3	0,70	18,75	43,1
Российская Федерация	51	62,0	8,0	3,40	18,35	42,1

Остальные северные регионы характеризуются слабым развитием транспортных коммуникаций. В Ненецком автономном округе, Магаданской области, Камчатском крае и Чукотском автономном округе нет сети железных дорог. Из-за удаленности от центра, а также климатических условий, основная роль в этих регионах принадлежит воздушному, морскому (Красноярский край, Республика Саха, Камчатский край, Магаданская область, Сахалинская область, Чукотский АО) и речному (Ненецкий АО, Ямало-Ненецкий АО, Республика Саха и Магаданская область) транспорту [9-11].

На основании исследований определены стратегические направления социально-экономических преобразований обеспечения регионов Севера и Арктики транспортными коммуникациями.

Литература

1. *Цукерман В.А., Горячевская Е.С.* Управление арктической транспортной системой как ключевой фактор имплементации в глобальный рынок углеводородных ресурсов Арктики // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): материалы Одиннадцатой междунар. конфер., 1-3 окт. 2018 г., Москва: в 2-х т. Ин-т проблем упр. им. В.А.Трапезникова Рос.акад. наук; под общ. ред. С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. – Т. 2: Секции 8-16. – М.: ИПУ РАН, 2018. – С. 108-111.
2. *Селин В.С., Цукерман В.А*. Морской транспорт Севера России в условиях повышения международных рисков // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2015) = Management of large-scale system development (MLSD'2015): труды Восьмой междунар. конфер., 29 сент. – 1 окт. 2015 г., Москва: в 2 т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. Т.1: М.: ИПУ РАН, 2015. - С. 341-345.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. / Росстат. – М., 2018. - 1162 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156
4. Транспорт и связь в России. 2016: Стат. сб. / Росстат. - М., 2016. – 112 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/3e4fc4004e3423529616fe18bf0023dd
5. Транспорт в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. - М., 2018. – 101 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1136983505312 Морозова М.Н. Развитие Северного морского пути: проблемы и пути решения // Экономика и социум. – 2017. – № 7 (30).
6. *Иванов Г.В*. Северный морской путь в глобальной геополитике России // Геополитика и безопасность. – 2017. – № 3. – С. 35-38.
7. *Цукерман В.А.* Направления устойчивого развития транспортной системы арктической зоны Российской Федерации // «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2013)»: Труды Седьмой междунар. конфер., 30 сент. – 2 окт. 2013 г., Москва: в 2 т. / Ин-т проблем управления им. В.А.Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна.– Т. I. – М.: ИПУ РАН, 2013. – С. 425-430.
8. *Комков Н.И., Селин В.С., Цукерман В.А.* Направления модернизации арктической морской транспортной системы // Модернизация. Инновации. Развитие. – 2014. – № 4(20). – С. 4-12.
9. *Ивантер В.В., Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н.* Арктический мегапроект в системе государственных интересов и государственного управления [Электронный ресурс] // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. Теория. Практика. Методология. 2014. Т. 7. № 6 (38). [Электронный ресурс]. URL: usrand.ru/analytics/arkticheskij-megaproekt-v-sisteme-gosudarstvennyh-interesov-i-gosudarstvennogoupravlenija.
10. *Цукерман В.А.* Рынок транспортных услуг Арктической зоны Российской Федерации: актуальные проблемы и стратегические задачи // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2014. – № 6. – С. 27-30.

СЕКЦИЯ 9: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Амосов О.С., Амосова С.Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва,ул. Профсоюзная, д.65
osa18@yandex.ru, amosovasg@yandex.ru,

Иочков И.О.

Комсомольский-на-Амуре государственный университет, Россия,
г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, д. 27
iochkov07@gmail.com

Аннотация: Разработан вычислительный метод обнаружения и классификации дефектов заклепочных соединений авиационной техники с использованием глубоких нейронных сетей. Проведен причинно-следственный анализ возникновения дефектов отверстий и гнезд, закладных и замыкающих головок заклепок при производстве. Дана постановка задачи обнаружения и классификации дефектов. Приведен пример моделирования.

Ключевые слова: интеллектуальная производственная технология, глубокая нейронная сеть, компьютерное зрение, распознавание образа, дефект, заклепочное соединение.

Введение

В настоящее время отмечается необходимость перехода к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям. Поэтому для решения научной проблемы по повышению производительности труда и сокращению времени выполнения контроля, диагностики и управления производственным процессом изготовления сборочных единиц авиационной техники предлагается разработать вычислительный метод на основе технологий искусственного интеллекта. Для контроля, диагностики и управления при производстве сборочных единиц авиационной техники в мировой науке в настоящее время существуют методы неразрушающего контроля для автоматизированного, быстрого и экономичного мониторинга и обслуживания на местах производства и эксплуатации: метод, основанный на вихревых токах [1]; метод ультразвукового контроля импульсного эха [2]; метод, основанный на анализе 3D-данных, собранных с помощью 3D-сканера [3]; метод лазерной сварки [4], а также метод локкинской термографии [5]. Для предварительных и приемо-сдаточных испытаний сборочных единиц распознавание образов в системе компьютерного зрения слабо применяется.

1 Проблема выявления, контроля и диагностики дефектов заклепочных соединений

Заклепочная сборка является важным производственным процессом для авиастроительных заводов. Для решения проблемы по снижению дефектности заклепочных соединений выделим основные операции процесса выполнения заклепочных соединений: сверление отверстий; ценкование отверстий; снятие заусенцев; образование гнезд под потайные головки заклепок; калибровка отверстий и гнезд; контроль качества отверстий и гнезд; вставка заклепок в отверстия; образование замыкающих головок заклепок; снятие выступающей над поверхностью детали части потайной головки заклепки; контроль качества соединений.

Все проверки сборочных единиц и деталей самолета проводятся специалистами ОТК вручную, методом неразрушающего контроля (визуальный осмотр, технический осмотр, органолептический контроль). Главная цель процесса проверки заключается в выдаче заключения о соответствии изделия конструкторской документации (КД) и обнаружении нежелательных дефектов, таких как вмятины, выступы или трещины, а также качество заклепочных соединений.

Проведенный причинно-следственный анализ, подтверждает наличие проблем по выявлению, контролю и диагностики дефектов заклепочных соединений. Основными причинами возникновения дефектов отверстий и гнезд являются способы и средства сверления, режущий инструмент и режимы

сверления, способы и средства контроля, производственные и человеческие факторы. Причины дефектов заклепочных соединений: способы образования замыкающих головок заклепок, прессовый способ клепки, многоударный способ клепки, способы и средства контроля, производственные и человеческие факторы. Наибольшее влияние на все это оказывает человеческий фактор.

В работе ставится задача сокращения времени обнаружения дефектов за счет объективного контроля и интеллектуализации производства. Поэтому целью статьи является: разработать вычислительный метод распознавания дефектов по видеоизображениям с использованием глубоких нейронных сетей (НС).

2 Постановка задачи обнаружения и классификации дефектов

Пусть имеются: множество образов $\omega\epsilon\Omega$, заданных признаками χ_i, $i = \overline{1,n}$, совокупность которых для образа ω представлена векторными описаниями $\Phi(\omega) = \big(\chi_1(\omega), \dots \chi_n(\omega)\big) = \mathbf{x}$; множество классов $\mathbf{B} = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_c\}$; c-количество классов. Априорная информация представлена обучающим множеством $\mathbf{D} = \big\{\big(\mathbf{x}^j, \beta^j\big)\big\}, j = \overline{1,L}$, заданным таблицей, каждая $j-$я строка которой содержит векторное описание образа $\Phi(\omega)$ и метку класса β_k, $k = \overline{1,c}$. Заметим, что обучающее множество характеризует неизвестное отображение $^*\mathbf{F}: \Omega \to \mathbb{B}$.

Требуется по имеющимся кадрам $\mathbf{I}_t$ непрерывного видеопотока $\mathbf{V} = (\mathbf{I}_1, \dots \mathbf{I}_t \dots, \mathbf{I}_\tau)$ и априорной информации, заданной обучающим множеством $\mathbf{D} = \big\{\big(\mathbf{x}^j, \beta^j\big)\big\}, j = \overline{1,L}$ для глубокого обучения НС с учителем, решить задачу распознавания образов: обнаружить образы ω в виде оценки признаков $\tilde{\mathbf{x}}$ с помощью отображения $\mathbf{F}_1: \mathbf{I}_t \to \tilde{\mathbf{x}}$ и классифицировать их с использованием отображения $\mathbf{F}_2: \tilde{\mathbf{x}} \to \beta_k$, $k = \overline{1,c}$ в соответствии с заданным критерием $\mathbf{P}(\tilde{\mathbf{x}})$ минимизирующим вероятность ошибки.

Таким образом, необходимо найти отображение $\mathbf{F}: \mathbf{I}_t \to \beta_k$, $k = \overline{1,c}$, при котором $\mathbf{F}$ является набором функций и алгоритмов $\mathbf{f}_i$, $i = \overline{1,N_f}$.

Для обнаружения и классификации объектов и дефектов предлагается вычислительный метод распознавания образов $\mathbf{F}: \mathbf{I}_t \to \beta_k$, $t = \overline{1,\tau}$, $k = \overline{1,c}$ с его реализацией на основе глубоких нейронных сетей. Информацию о параметрах каждого из объектов необходимо записать в виде массива $\mathbf{G}_t$. Тогда по параметрам $\mathbf{G}_t$ элемент сравнения (ЭС) проверяет условия из базы знаний $\mathbf{D}^{normal}$ и определяет отсутствие или наличие дефекта в соответствии с выражением:

$$s = \mathbf{F}_4(\mathrm{G_t}) = \begin{cases} 1, \text{если } \mathrm{G_t} \in \mathrm{D^{normal}} \\ 0, \text{если } \mathrm{G_t} \notin \mathrm{D^{normal}} \end{cases}$$

где $s = \{0,1\}$- отсутствие дефекта или наличие дефекта.

3 Вычислительный метод на основе глубоких нейронных сетей

Для контроля качества отверстий и гнезд, а также заклепочных соединений предлагается использовать автоматизированное рабочее место с использованием руки-манипулятора, на которой находятся видеокамеры и лазерные дальномеры. Рука-манипулятор двигается по заданной в конструкторской документации поверхности, видеокамеры фиксируют качество отверстий, гнезд, заклепочных соединений, система распознавания на основе вычислительного метода сравнивает их с имеющейся базой дефектов. При обнаружении дефекта, данное место на поверхности фиксируется и оператору системы контроля передается информация (вид дефекта, рекомендации по устранению).

Вычислительный метод состоит из следующих этапов:

1. Поиск образов на кадре с помощью переобученной под дефекты глубокой нейронной сети YOLO. При необходимости уточнения дополнительных свойств искомого объекта o выполняется переход к следующему этапу, в противном случае берется следующий кадр. Создается структура массива $\mathbf{G}_t$.
2. Выделение области интереса первого уровня.
3. Уточнение области интереса для детализации информации об образе.
4. Выполнение предобработки области интереса.
5. Выделение информативных признаков с помощью глубоких нейронных сетей, обученных на подготовленных датасетах $\mathbf{D}$ дефектов.
6. Отнесение вектора признаков к одному из классов. Для классификации дефектов используются архитектуры глубоких нейронных сетей. Для усиления классификации используются предложенные нами алгоритмы подкрепления на базе нечеткой логики.

Критерий классификации определяется как $J(\mathbf{f}_4) = \max_{\mathbf{P}_{\tilde{\mathbf{x}}}}$. Если $J(\mathbf{f}_4) \geq \varepsilon$, где ε – заданный порог, то $\beta_k = \mathrm{argmax}_{\mathrm{k}\in 1\dots c}\, \mathbf{p}_{\tilde{\mathbf{x}}}$, в противном случае классификация считается ошибочной.

7. По параметрам образов $\mathbf{G}_t$ определяется отсутствие или наличие дефекта.

4 Реализация метода

Рассмотрим особенности этапов вычислительного метода. В качестве классификатора нами разработана архитектура глубокой НС, построенная различными комбинациями слоев свертки. Сеть начинается с входного слоя последовательности, за которым следует сверточный слой. Чтобы спрогнозировать метки классов, сеть заканчивается полностью связанным слоем, слоем *softmax* и выходным слоем классификации. Архитектура НС обучена на ГПУ Nvidia GeForce 1080Ti с использованием созданного датасета, содержащего изображения дефектов с разных ракурсов и с высоты 30 см.

Рассматривались различные варианты сочетаний объема обучающей и тестовой выборок. Моделирование производилось в системе MATLAB 2018. Результаты моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты моделирования

№ эксперимента	Размер обучающей выборки	Размер тестовой выборки	Точность на тестовой выборке, %	Время обучения, с
1	166	124	0,92	0,09
2	46	16	0,86	0,01
3	143	116	0,90	0,08
4	141	114	0,91	0,08
5	230	177	0,97	0,1

Распознавание дефектов обеспечивает точность не ниже 80% со скоростью не более 0,1 с.

Заключение

Дана постановка задачи обнаружения и классификации дефектов.

Разработан вычислительный метод обнаружения и классификации дефектов заклепочных соединений авиационной техники с использованием глубоких нейронных сетей.

Проведен причинно-следственный анализ возникновения дефектов отверстий и гнезд, закладных и замыкающих головок заклепок при производстве.

Перспективным направлением исследования является реализация комбинированной системы, сочетающей технологии искусственного интеллекта на базе нечеткой логики и системы компьютерного зрения на базе современных вычислительных методов.

Литература

1. *Lingvall F., Stepinski T.* Automatic Detection of Defects in Riveted Lap-joints using Eddy Current // 7th European Conference on Non-destructive Testing.№9,Vol.3. 1998. – Abstract 7.
2. TWI Company: Robotic Automated Inspection // https://www.twi-global.com/what-we-do/services-and-support/asset-management/non-destructive-testing/ndt-techniques/robotic-automated-inspection (15.05.2019).
3. *Jovančević I., Pham HH., Orteu JJ. et al.* 3D Point Cloud Analysis for Detection and Characterization of Defects on Airplane Exterior Surface // Journal of Nondestructive Evaluation. 36:74. 2017.– P.1-17.
4. *Ginger Gardiner.* Automating NDT for CFRP aerostructures //Composites World Magazine. 2017.
5. *Zweschper Th., Wu D., Busse G.* Detection of loose rivets in aeroplane components using lockin thermography // QIRT. 1998.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД И МОДЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ СВЯЗИ[85]

Ануфренко[1] А.В., Гойденко[1] В.А., Гончаренко[2,3] В.И., Журавлева[2] Н.Г.

[1]Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного
Россия, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий проспект, д.3
[2]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
[3]Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4
fvo@mai.ru

Аннотация: Предложен оригинальный методический подход к распознаванию вида аномального состояния электронных модулей программно-аппаратных комплексов связи больших интегрированных систем на основе вейвлет-преобразования. Разработан алгоритм формирования базы аномальных состояний интегрированных систем и комплексов связи. Проведено моделирование тепловых процессов программно-аппаратных комплексов связи с помощью систем автоматизированного проектирования.

Ключевые слова: большие интегрированные системы, программно-аппаратный комплекс связи, вейвлет-анализ.

Введение

При тепловом контроле технического состояния электронных модулей (ЭМ) программно-аппаратных комплексов связи (ПАКС) больших интегрированных систем текущее состояние будет характеризоваться матрицей размером 120x160. Так как платы находятся в разных положениях необходимо сегментировать ЭМ ПАКС в тепловых изображениях геометрическим преобразованием и стандартизировать изображения фактического соотношения сторон аффинным преобразованием. Полученные прямоугольные изображения называются *термограммами ЭМ ПАКС*. Эффективным способом сокращения признакового пространства и сжатия информации является метод вейвлет-преобразований [1].

Анализ различных подходов к решению задачи распознавания вида аномального состояния при анализе тепловых режимов ПАКС на основе вейвлет-преобразования предполагает следующие исходные положения задачи.

Исходными данными для решения задачи являются:

1. Информация о штатном тепловом поведении ПАКС (значения внутренних параметров для различных внешних условий);
2. Информация, характеризующая основные типы состояний ПАКС при анализе тепловых режимов ПАКС (допусковые интервалы в различных режимах);
3. Исследуемая измерительная информация, полученная при анализе тепловых режимов ПАКС (различные виды дефектов и отказов);
4. Частота получения температурных значений элементов ЭМ ПАКС;
5. Набор ортогональных базисных вейвлет-функций: добеши, симлеты, койфлеты [2].

Необходимо по результатам анализа теплового поведения ПАКС определить принадлежность к типу аномального состояния из библиотеки аномальных состояний. Под *аномальным состоянием* понимается отклонение от номинального режима функционирования, связанное с изменением внешних и внутренних факторов.

1 Использование вейвлет-преобразований для формирования базы состояний

Применение вейвлет-преобразования в данной работе рассматривается с позиций использования его как инструмента, с помощью которого можно получить признаковое пространство для последующего распознавания. Выбор инструмента дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) для решения задач распознавания и классификации обусловлен универсальностью математического аппарата вейвлет-анализа, способностью его адаптироваться к форме сигнала, сходностью исследуемых сигналов с базисными функциями (вейвлетами) [0].

Выбор анализирующего вейвлета во многом определяется тем, какую информацию необходимо извлечь из сигнала. С учетом характерных особенностей различных вейвлетов во временном и в

[85] *Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-29-04326офи_м.*

частотном пространстве, можно выявлять в анализируемых сигналах те или иные свойства и особенности, которые незаметны при наличии сильных шумов.

При анализе любого сигнала надо, прежде всего, выбрать соответствующий базис, т. е. систему функций, которые будут играть роль «функциональных координат». Однако выбор анализирующего вейвлета не определен заранее. Его следует выбирать в соответствии с решаемой задачей. Простота оперирования с вейвлетом и представления результатов (минимизация используемых параметров) играет важную роль. Неудачный выбор конкретной формы вейвлета может привести к невозможности решения задачи или высокой погрешности, а, следовательно, к неверному определению вида технического состояния ПАКС.

Выбор типа базисной функции из числа применяемых базисов в общем случае зависит от степени адекватности функции и выборки. Количественно, степень оптимальности выбора можно определить по критерию энтропии [0].

Обычно в качестве критерия для выбора самого эффективного или лучшего базиса для данного сигнала используется критерий минимальности энтропии. Энтропия характеризует усредненность, «размазанность» сигнала. Энтропия должна обладать свойством аддитивности (объединения) по отношению к сигналам [0]. Лучший базис – это тот базис, который дает наименьшее количество энтропии.

В качестве критерия выбора оптимального базиса разложения примем критерий энтропии Шеннона, который количественно характеризует достоверность передаваемого сигнала и используется для расчета количества информации. Энтропия, определенная по формуле Шеннона, дает критерий того, сколько эффективных компонент необходимо, чтобы представить сигнал в определенном базисе [3].

2 Алгоритм формирования базы состояний

Для реализации возможности распознавания технического состояния ПАКС при выходе температурных значений за пределы допусковых интервалов создается база состояний из множества предполагаемых воздействий внешних факторов и возможных дефектов. При этом условно можно выделить аномальные состояния («предотказное» и «отказ») [4]. База аномальных состояний представляет собой множество вейвлет-коэффициентов термограмм ПАКС, полученных путем моделирования, каждая из которых соответствует аномальному состоянию или дефекту.

Любая термограмма базы состояний формируется следующим образом: в математическую модель ПАКС вносится изменение, которое соответствует дефекту или аномальному состоянию, далее получают термограмму, которая отражает это состояние. Следовательно, полученная термограмма такой измененной модели будет соответствовать состоянию ПАКС, в котором имеется именно этот дефект, именно в этом элементе. После чего производится вейвлет-преобразование и полученные вейвлет-коэффициенты сохраняются. Таким способом получают вейвлет-коэффициенты для всех дефектов, свойственных данному ПАКС. Моделирование тепловых процессов ПАКС выполняют с помощью систем автоматизированного проектирования, подавая на вход модель ПАКС, а на выходе, получая термограмму или значения температур элементов. Затем производят вейвлет-преобразование полученной термограммы для сохранения вейвлет-коэффициентов.

Шаг 1. Начало работы.

Шаг 2. Учитывая условия эксплуатация и воздействие внешних факторов составляют список параметров для различных состояний.

Шаг 3. На основе статистики отказов определяют параметры для состояний с различными видами дефектов.

Шаг 4. На основе сформированных параметров проводится моделирование термограмм состояний ПАКС.

Шаг 5. Вейвлет-преобразование смоделированной термограммы технического состояния, сокращения признакового пространства.

Шаг 6. Полученные вейвлет коэффициенты для смоделированнного аномального состояния сохраняются в базу состояний.

Шаг 7. Если все данные согласно списка аномальных состояний и дефектов сохранены, то переход к *шагу 8.*

Шаг 8. Вывод информации о том, что моделирование аномальных состояний завершено.

Таким образом, перебирая список аномальных состояний (*шаг 4-7*), свойственных данному ПАКС получают множество вейвлет-коэффициентов для каждого состояния [5-7]. Элемент списка

состояний (1) q_j^F состоит из: а) порядкового номера элемента в ПАКС, б) какие, параметры отражают дефект и как их необходимо изменить.

$$Q^F = (q^F{}_1 \ldots q^F{}_j \ldots q^F{}_n), \qquad (1)$$

где Q^F – множество дефектов контролируемого ПАКС (список дефектов), $q^F{}_j$ – определенный дефект заданного элемента ПАКС.

В результате получается множество вейвлет-коэффициентов термограмм $C(R_м)$ ПАКС (2), каждые из которых соответствует одному из аномальных состояний

$$C(R_\text{М}) = (C(R_\text{М}^1), \ldots C(R_\text{М}^n), C(R_\text{М}^\text{норм})), \qquad (2)$$

$C(R_\text{М}^n)$ – вейвлет-коэффициенты термограммы полученные при моделировании тепловых процессов ПАКС, которые соответствует аномальному состоянию с параметрами q_j^F.

При использовании базы состояний для распознавания состояния ПАКС вейвлет-коэффициенты из базы состояний сравниваются с вейвлет-коэффициентами полученной термограммы ПАКС в текущий момент.

В общем случае базу состояний ПАКС получают путем экспериментальных исследований (путем проведения производственных испытаний объекта контроля (опытного образца изделия) экспериментальным путем) на заводе-изготовителе. Выбирается один образец с самыми близкими показателями к идеальному или несколько образцов. Далее в образец вносят дефект из списка дефектов Q^F (1) и проводят измерение температур в стационарном режиме.

Устраняют дефект, приводя образец в первоначальное состояние, далее, проводят то же самое с другими дефектами из Q^F (1) и т.д. В результате получают (3), но не моделированных температур, а экспериментальных. Такое получение базы состояний очень трудоемко. Поэтому, предложенный метод с использованием моделирования и вейвлет-преобразований выгоден, учитывая тот факт, что современные ЭВМ легко справляются с задачей моделирования и расчета вейвлет-коэффициентов.

$$T_\text{М} = (T_\text{М}^1, \ldots T_\text{М}^n, T_\text{М}^\text{норм}), \qquad (3)$$

где $T_\text{М}^n$ – состоит из *n* множеств. Каждому *j*-ому множеству $T_\text{М}^{\partial j}$ соответствует производственный дефект q_j^F, где $j = 1, n+1.$

$T_\text{М}^j = (T_\text{М1}^j, T_\text{М2}^j, \ldots, T_\text{Мk}^j),$

где $T_\text{М2}^j$ – значение температуры на элементе №2, полученное из моделированной термограммы $R_\text{М}^j$, соответствующей *j*-ому дефекту списка (1).

$T_\text{И}(t) = (T_1(t), T_2(t), \ldots, T_k(t)).$

где $T_\text{И}(t)$ – множество измеренных температур контролируемых ЭРИ ЭМ ПАКС, $T_2(t)$ – значение температуры ПАКС на элементе №2.

Литература

1. *Сулейманов С.П., Долматов А.В., Увайсов С.У.* Характерные дефекты печатных узлов, приводящие к нарушению тепловых режимов комплектующих элементов // Информационные технологии в проектировании, производстве и образовании: сб. тр. Российской научно-технической конференции. – Ковров: КГТА, 2002. С. 84-90.
2. *Воробьев В.И., Грибунин В.Г.* Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: ВУС, 1999. – 274 с.
3. *Гончаренко В.И., Кучерявенко Д.С., Гойденко В.К., Скорик Н.А.* Распознавание типа аварийной ситуации при испытании беспилотного космического аппарата на основе использования вейвлет-преобразования // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 1. С. 39-48.
4. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. – М.: Стандартинформ, 2007. 22 с.
5. *Долматов А.В., Сулейманов С.П., Увайсов С.У., Алкадарский С.У.* Программно-методический инструментарий мониторинга производственных дефектов радиотехнических устройств // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. – 2005. – Т. 1. – С. 335-336.

6. *Будко П.А., Виноградeнко А.М., Гойденко В.К.* Методика теплового диагностирования и контроля технического состояния радиоэлектронного оборудования // Наукоемкие технологии в космических исследованиях земли. 2019. Т. 11. № 1. С. 12-20.
7. *Шалумов А.С.* Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 368 с.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА FABRIK

Гергет О.М., Колпащиков Д.Ю.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
Россия, г. Томск, пр-кт Ленина, 30
gerget@tpu.ru, dyk1@tpu.ru

Аннотация: Непрерывные роботы – манипуляторы с непрерывной изгибающейся структурой. Недавно, для решения задачи обратной кинематики для данных роботов был применен высокоэффективный алгоритм FABRIK. В данной статье предложен метод предотвращения столкновений с препятствиями для непрерывного робота с использованием алгоритма FABRIK.

Ключевые слова: Непрерывные роботы, FABRIK, кинематика, предотвращение столкновений

Введение

Непрерывные роботы – это манипуляторы с непрерывно изгибающейся структурой. По сравнению с традиционными дискретными жесткими роботами, непрерывные роботы представляют собой серию кривых (дуг с постоянной длинной) плавно переходящий друг в друга [1]. Эта особенность позволяют непрерывным роботам изгибаться в любой точке их тела. Благодаря этому они имеют возможность избегать нежелательных столкновений в сложной рабочей области. В промышленности эти роботы применяются для неразрушающего контроля и ремонта газотурбинных двигателей [2], ядерных реакторов [3], в космосе [4] и в качестве манипуляторов для лазерной резки [5]. В медицине они широко используются в качестве эндоскопов и хирургических инструментов для малоинвазивной хирургии [6].

Поскольку непрерывные роботы предназначены для работы в пространстве с множеством препятствий, способность их кинематики избегать нежелательных столкновений имеет решающее значение для планирования движения. Эффективный алгоритм способный рассчитывать передвижение непрерывного робота в пространстве с препятствиями позволит увеличить точность и скорость манипуляций, частично или полностью автоматизироваться управление роботом, а также расширит возможности применения непрерывных роботов.

Недавно для решения задачи обратной кинематики для многосекционных непрерывных роботов был применен алгоритм Обратной Кинематики Прямого и Обратного Следования (FABRIK)[7,8]. Изначально FABRIK был разработан для работы только с дискретными жесткими роботами, поэтому упомянутые алгоритмы упрощают каждую дугу секции изгиба до одной (хорды дуги) или двух (касательных к дуге) виртуальных жестких связей. Это позволяет FABRIK решать задачи обратной кинематики для непрерывных роботов. Моделирование показывало, что алгоритмы использующие FABRIK быстрее, чем алгоритмы использующие матрицы Якоби и способны найти решение, когда подход на основе матриц Якоби терпит неудачу. Однако методы предотвращения препятствий для алгоритмов, упомянутых выше, не были сформулированы. Виртуальные звенья, используемые в решениях на основе FABRIK, имеют лишь несколько точек, совпадающих с роботом – начало и конец каждой секции. Это означает, что неясно, как далеко тело робота от препятствий, пока кривые, из которых состоит робот, не восстановлены. Это ограничивает применение алгоритмов работой только в областях без препятствий. В данной статье представлен метод предотвращения столкновений на плоскости для многосекционного непрерывного робота на основе алгоритма FABRIK.

1 Кинематика непрерывного робота

1.1 Подход на основе постоянной кривой

Для описания кинематики непрерывных роботов используется подход на основе постоянной кривой. В данном подходе каждая секция изгиба робота описывается как дуга с постоянной длиной. Это достаточно точно описывает форму одной секции робота. Для описания многосекционного

непрерывного робота используется серия плавно переходящих друг в друга кривых. Задача обратной кинематики для единичной кривой непрерывного робота также решена в данном подходе.

1.2 Алгоритм FABRIK

Алгоритм FABRIK используется для решения задачи обратной кинематики для многосекционного непрерывного робота. В данной работе мы используем метод, представленный в [7]. Алгоритм FABRIK осуществляет поиск набора углов изгиба θ и углов поворота φ такие, чтобы матрица преобразований конечного элемента соответствовала желаемому положению и ориентации в пространстве. Для использования алгоритма FABRIK с непрерывным роботом каждая дуга секции заменяется виртуальным звеном – хордой, которая соединяет начало и конец дуги. Поскольку хорды могут иметь любое взаимное пространственное расположение, можно предположить, что они связаны сферическими соединениями. Длина самой хорды не постоянна и зависит от угла изгиба секции.

Алгоритм находит решение в несколько итераций. Каждая итерация включает в себя этапы прямого следование и обратного следования (Рис 1). Расчет положения звеньев в прямом следовании ведется для цепочки виртуальных звеньев постоянной длины (хорд), соединенных между собой сферическими шарнирами. Алгоритм обходит цепь из конца в начало переопределяя положения узлов.В обратном следовании обход происходит из начала в конец. С помощью обратной кинематики для одной секции на основе постоянной кривой вычисляется угол изгиба θ и углов поворота φ секции. С помощью этим значений через прямую кинематику одной секции положение следующего узла, его пространственная ориентация и переопределяется длина хорды. Положение и ориентация узла используются для расчета следующей секции, что обеспечивает плавность перехода между дугами. После обратного следования проверяется, насколько близко к целевой точке находится последний узел цепи.

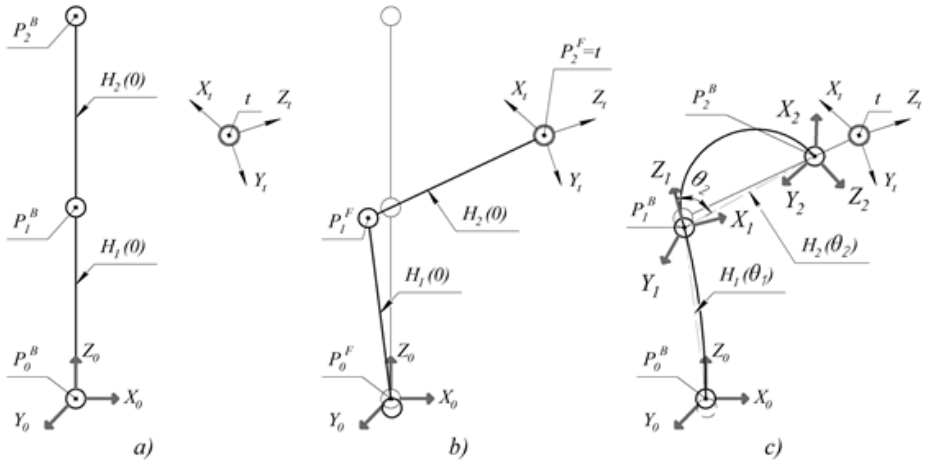


Рис. 1. Пример полной итерации алгоритма FABRIK для двухсекционного непрывного робота. a) – начальная поза. b) – результат прямого следования. c) – результат обратного следования.

2 Предотвращение столкновений

Для предотвращения столкновений необходимо определить расстояние до препятствия и направление, в котором нужно двигаться, чтобы избежать столкновения. Для этого с помощью прямой кинематики определяется середина дуги секции. Затем через середину дуги и хорду

определяется центр дуги. Используя центр дуги как точку отсчета достаточно просто определить расстояния от препятствия до робота. Также, в зависимости от того по какую сторону от дуги лежит препятствие, можно определить какое действие необходимо совершить чтобы избежать столкновения. Если препятствие находится на расстоянии меньшем, чем радиус дуги, то секция должна разогнуться. Если препятствие находится на расстоянии большем, чем радиус дуги, то секция должна совершить изгиб. Алгоритм предотвращения столкновений является частью обратного следования и совершает поиск столкновений после того как определены положение и ориентация следующего узла.

3 Результаты и заключение

Вышеописанный метод тестировался компьютерным моделированием. В модели трехсекционный непрерывный робот двигался по траектории (13 точек) внутри трубы, избегая касания ее стенок. Результаты моделирования представлены на рис. 2. Результаты показывают, что алгоритм способен рассчитывать движение непрерывного робота на плоскости с учетом препятствий. Время работы алгоритма для расчета всей траектории составило 0,27с. Малое время обработки свидетельствует о том, что способен работать в режиме реального времени, что имеет существенное значение при работе в динамически изменяющейся среде.

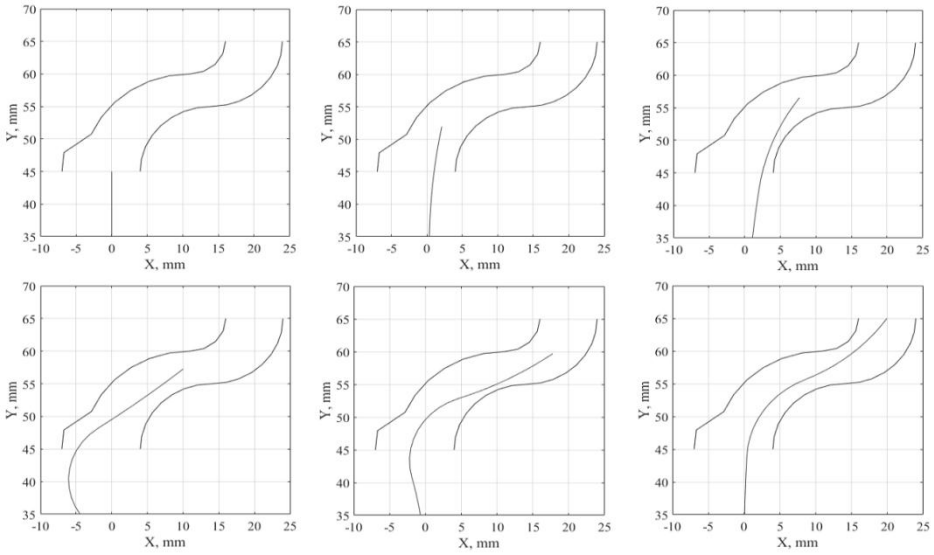


Рис. 2. Результаты моделирования

Литература

1. *Walker I.D.* Continuous Backbone “Continuum” Robot Manipulators // ISRN Robot. 2013. Vol. 2013. P. 1–19.
2. *Dong X. et al.* Development of a slender continuum robotic system for on-wing inspection/repair of gas turbine engines // Robot. Comput. Integr. Manuf. 2017. Vol. 44. P. 218–229.
3. *Buckingham R., Graham A.* Nuclear snake-arm robots // Ind. Robot An Int. J. 2012. Vol. 39, № 1. P. 6–11.
4. *Mehling J.S. et al.* A minimally invasive tendril robot for in-space inspection // Proc. First IEEE/RAS-EMBS Int. Conf. Biomed. Robot. Biomechatronics, 2006, BioRob 2006. IEEE, 2006. Vol. 2006. P. 690–695.
5. LaserSnake versus Dragon [Electronic resource]. URL: http://www.ocrobotics.com/news/lasersnake-versus-dragon/ (accessed: 07.07.2019).
6. *Burgner-Kahrs J., Rucker D.C., Choset H.* Continuum Robots for Medical Applications: A Survey // IEEE Trans. Robot. 2015. Vol. 31, № 6. P. 1261–1280.
7. *Kolpashchikov D. et al.* FABRIK-Based Inverse Kinematics For Multi-Section Continuum Robots // Proceedings of the 2018 18th International Conference on Mechatronics. 2018.
8. *Zhang W. et al.* FABRIKc: an Efficient Iterative Inverse Kinematics Solver for Continuum Robots // 2018 IEEE/ASME Int. Conf. Adv. Intell. Mechatronics. IEEE, 2018. P. 346–352.

УПРАВЛЕНИЕ ПРИ СБОРКЕ НА ОРБИТЕ БОЛЬШОЙ КОСМИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО РОБОТА

Глумов В.М., Ермилов А.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vglum@ipu.ru, yermas@ipu.ru

Аннотация: Рассматриваются особенности динамики управляемого движения нежестких больших космических конструкций с дискретно изменяющимся в процессе сборки на орбите числом степеней свободы. Определяются задачи управления движением такого типа нестационарных объектов, Предлагаются алгоритмы, обеспечивающие устойчивость по отношению к упругим колебаниям и высокоточное управление.

Ключевые слова: большие космические конструкции, оценивание координат объекта, управление движением.

Введение и постановка задачи

Собираемые на орбите большие космические конструкции (БКК) представляют собой упругие многочастотные колебательные механические системы с дискретно изменяющимся во времени большим числом степеней свободы. В [1] проведен анализ проблем управления при сборке БКК на орбите с использованием космических роботов, снабженных многозвенными манипуляторами. Одной из основных проблем является обеспечение устойчивого высокоточного управления при возникновении упругих колебаний элементов БКК. Координация взаимодействия БКК с космическим роботом при реализации сборочного процесса требует от алгоритмов угловой стабилизации и ориентации БКК повышенной точности и быстродействия.

Для обеспечения нормального функционирования БКК на всех этапах сборки в работе решаются следующие основные задачи:

- разработка математической модели механической системы, позволяющей проводить исследование процесса изменения динамических свойств дискретно изменяющейся конструкции на заданной последовательности ее сборки;
- выявление границ интервалов, в пределах которых собираемая конструкция сохраняет свойства, присущие управляемому объекту как: *a*)твердому телу; *b*) деформируемой механической системе с несущественным влиянием упругих колебаний конструкции на динамику управления; *c*) упругой многочастотной конструкция, требующей расширения вектора наблюдения для реализации желаемой динамики управления;
- решение задачи управления движением изменяющегося объекта с нежесткой конструкцией на основе применения последовательности соответствующих текущему состоянию объекта алгоритмов, обеспечивающих устойчивое по отношению к упругим колебаниям и высокоточное управление.

1 Математическая модель углового движения БКК

Достижение высоких требований к управлению БКК невозможно обеспечить без высокоточной информации как о координатах углового движения рассматриваемой механической системы, так и о координатах колебаний упругих элементов конструкций, а также их параметрах. Следует отметить, что измерения координат упругих колебаний на борту и оценивание параметров БКК и особенно упругих колебаний с помощью наземных испытаний и исследований не позволяют достичь требуемой точности.

В качестве варианта синтеза алгоритма совместного оценивания и идентификации рассматривается динамика углового движения БКК с силовым гироскопическим приводом. С целью получения более достоверных результатов при исследовании динамики углового движения БКК на основе предыдущей математической модели [2] разработана более полная математической модель. Так как априори необходимая информация о координатах и параметрах тонов упругих колебаний отсутствует, то на основе нелинейного расширенного фильтра Калмана разработан алгоритм совместного оценивания координат углового движения рассматриваемой механической системы и неизмеряемых координат тонов упругих колебаний, а также идентификации их ненаблюдаемых параметров. Математическое моделирование подтвердило высокие точность, быстродействие и устойчивость предложенного алгоритма совместного оценивания координат углового движения БКК и тонов упругих колебаний конструкции, а также идентификации параметров тонов. Так, точность полученных оценок в 2% от максимального реального начального значения оцениваемых координат и идентифицируемых параметров достигается за 14-25 с. Причем параметры оцениваются медленнее, что связано с их отсутствием в явном виде в математической модели измерений, принятой в совместном алгоритме оценивания, а часть параметров еще и изменятся во времени.

При исследовании алгоритма управления угловой ориентацией и стабилизацией БКК с силовым гироскопическим приводом и с активной компенсацией влияния колебаний упругих частей конструкции БКК на динамику углового движения при координированном взаимодействии с космическим манипуляционным роботом в алгоритме совместного оценивания и идентификации использовалась более полная математическая модель. В этой модели предполагалось, что все параметры тонов упругих колебаний не постоянны. Решается задача оптимизации коэффициентов при координатах тонов упругих колебаний при формировании закона управления БКК с активной компенсацией с точки зрения быстродействия.

2 Изменение свойств БКК как объекта управления в процессе сборки

В качестве объекта исследования принята дискретно изменяющаяся в процессе сборки БКК "зонтичного" типа, которая достаточно хорошо подходит для описания регулярных структур типа

больших космических зеркал или радиотелескопов [3]. Как механическая система структура такого типа представляет собой совокупность твердых тел, одно из которых является несущим. Остальные (носимые тела) являются строительными элементами, присоединяемыми в том или ином порядке, к несущему телу при использовании спиральной схемы сборки каркаса «зонтичного» типа. В точках присоединения элементов конструкции учитывается вращательная степень свободы в рассматриваемой плоскости движения и упругая связь, ограничивающая возможные смещения элементов областью малых отклонений относительно состояния равновесия. Рассматривается плоско-параллельное движение всех составляющих БКК тел.

Изменение динамических свойств промежуточных структур собираемой БКК выражено через изменение коэффициентов модели, расчет которых при достаточно больших значениях числа элементов n конструкции требует большого объема оперативных вычислений. Для решения задачи анализа особенностей динамики изменения моделей ДРК в процессе сборки используется разработанный пакет программ машинного построения графа модели собираемой на орбите БКК. Выходным продуктом этого пакета, помимо компьютерной визуализации графовой модели динамики конструкции, являются также матрицы параметров, позволяющие при необходимости восстановить любую из промежуточных моделей БКК на соответствующих n-фазах существования объекта в неизменном виде.

Из приведенных графиков изменения динамических коэффициентов в процессе сборки БКК видно, что с ростом n диапазон собственных частот упругой конструкции расширяется. При этом из-за увеличения инерции собираемого объекта в соответствии с общей теоремой Релея низшая частота конструкции уменьшается, что ведет к нежелательному сближению с системными частотами управления основным движением конструкции и, как следствие, к возрастанию возмущающего влияния регулятора на колебания конструкции. В процессе установки элементов одного ряда зонтичной структуры частоты сближаются медленно, что объясняется незначительностью изменения суммарного момента инерции механической системы. При переходе с текущего ряда на следующий момент инерции резко возрастает пропорционально квадрату удаления присоединяемой массы от центра инерции. Это вызывает соответствующее скачкообразное сближение частот. Возникает необходимость в некоторый момент сборки ввести более сложный (по отношению к начальному) алгоритм управления, способный обеспечивать нормальное функционирование системы при больших значениях суммарного коэффициента возбудимости упругих колебаний.

Анализируются возможности используемого *PD*-алгоритма управления движением БКК на уменьшение частоты и амплитуды упругих колебаний. Исследуется поведение траекторий корней характеристического уравнения системы с линейным *PD*-управлением при увеличении параметра n. При переходе с одного уровня сборки на следующий, наблюдается скачкообразный характер сближения корней за счет уменьшения частоты упругих колебаний. С ростом n расстояние между корнями, соответствующими «жесткому» и «упругому» движениям, уменьшается и, начиная с некоторого номера n^*, расстояние между корнями становится настолько малым, что для обеспечения желаемой динамики управления БКК необходимо применять более сложные алгоритмы.

3 Формирование вариантов алгоритмов управления БКК в процессе сборки

Наличие трех последовательно сменяющихся при сборке фаз существования БКК требует особого подхода к решению задачи управления движением на каждой фазе.

Управление в начальной фазе существования БКК в виде твердого тела основывается на использовании базового алгоритма, представляющий собой дискретный аналог *PD*-алгоритма. В режиме стабилизации, который обычно является основным режимом управления, наличие нелинейностей типа зоны нечувствительности или гистерезиса в начале координат, образуется предельный цикл. Этот цикл является устойчивым, отвечает требованиям обеспечения желаемой динамики процессов стабилизации и принят за эталонное движение. К этому движению, принимаемому за невозмущенное, в соответствии с условием малости влияния упругих колебаний конструкции на точность стабилизации, должны стремиться процессы управления БКК на всех последующих этапах сборки объекта.

Управление на этапах существования БКК в виде упругой механической системы основана на адаптивной настройке базового алгоритма, которая обеспечивает стабилизацию как основного ("жесткого") движения объекта, так и упругих колебаний его конструкции. Неточность задания механических параметров собираемой конструкции (следовательно, коэффициентов модели) и отсутствие информации о начальных значениях возникающих на каждом этапе сборки новых упругих компонент (в сочетании с другими проблемами управления БКК) требуют не только

своевременной смены стратегии управления при переходе конструкции из одного класса механических систем в другой, но и применения принципов адаптивного управления на интервале развития объекта внутри каждого класса выше первого. Под влиянием скорректированного базового управления доминирующая компонента упругих колебаний оптимальным образом демпфируется, в то время как амплитуды других упругих компонент могут увеличиваться до тех пор, пока одна из них не окажется доминирующей, что вызовет очередную процедуру перестройки параметра адаптивного алгоритма. Далее описанные процессы последовательного подавления возникающих доминирующих упругих компонент повторяются в течение всего времени существования БКК в виде упругой механической системы.

Управление БКК в фазе существенно нежесткой механической системы основано на использовании оценок фазовых значений доминирующей упругой компоненты в моменты переключения регулятора. Суть способа заключается в формировании временных задержек на включение управляющего воздействия в части точек переключения до момента появления фазы, при которой данное воздействие окажется стабилизирующим по отношению к доминирующей компоненте. Предлагается блок-схема системы, реализующей стратегию фазового управления существенно нежесткой конструкцией.

Заключение

Предложенные подходы, реализующие адаптивную коррекцию базового алгоритма с использованием получаемых оценок координат и параметров механической структуры БКК, а также метод фазового управления, позволяют стабилизировать упругие колебания собираемой БКК без дополнительных затрат энергии. Использование в законе управления активной компенсацией влияния упругих частей конструкции БКК на угловое движение позволяет за счет оптимального выбора коэффициентов в алгоритме управления не только значительно сократить время их затухания, но и обеспечивает безопасное координированное взаимодействие с космическим манипуляционным роботом в процессе сборки на орбите.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 17-08-01708).

Литература

1. *Земляков С.Д., Рутковский В.Ю., Суханов В.М.* Некоторые проблемы управления при роботизированной сборке больших космических конструкций на орбите // Автоматика и телемеханика № 8. 2006. – С.89-116 .
2. *Ермилов А.С., Ермилова Т.В.* Оценивание ненаблюдаемых координат упругих колебаний больших космических конструкций с гиросиловым приводом // Автоматика и телемеханика. № 9. 2013. – С. 143-156.
3. *Глумов В.М., Крутова И.Н., Суханов В.М.* Метод формирования траектории орбитальной сборки большой космической конструкции на основе алгоритмов оптимизации на графах // Автоматика и телемеханика. № 9. 2005. – С. 12-26.

ОБНАРУЖЕНИЕ ОТДЕЛЯЕМЫХ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ[86]

Гончаренко В.И.[1,2], Лебедев Г.Н.[1], Михайлин Д.А.[1,3]

[1]Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4

[2]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65

[3]Главный научно-исследовательский испытательный центр робототехники Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Москва, ул. Серёгина, д. 5

fvo@mai.ru

Аннотация: Предложен оригинальный подход к решению задачи предполётного и оперативного планирования действий группы беспилотных летательных аппаратов на основе генетического алгоритма. Принципиальным отличием решаемой задачи от известной задачи коммивояжера является учет требуемого графика обслуживания. Разработанный инструмент автоматизации планирования позволяет повысить

[86] *Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-29-04326офи_м.*

оперативность мероприятий по обнаружению отделяющихся частей ракет-носителей с помощью группы беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: отделяющаяся часть ракеты-носителя, обнаружение и нейтрализация очагов заражения, группа беспилотных летательных аппаратов, генетический алгоритм, многокритериальная оптимизация.

Введение

Одной из важных областей эксплуатации авиационно-космических крупномасштабных организационно-технических комплексов на современных космодромах является выведение на орбиты космических аппаратов (КА) [1-3]. До недавнего времени для поиска отделяющихся частей (ОЧ) ракеты-носителей (РН) КА использовались пилотируемые вертолеты, что является затратным и длительным методом обнаружения отделяющихся частей. Суровый климат зон падения – сильные ветра и низкие температуры - также накладывают ограничения на полеты пилотируемой авиации [4]. Поэтому активно внедряются современные технологии поиска отработавших ступеней ракет, например, на космодроме «Восточный», в Амурской области и Республике Саха (Якутия), с помощью беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Применение БЛА увеличило эффективность и сократило время поисков в несколько раз [5]. Кроме этого, для повышения эффективности поисков ОЧ разрабатываются специализированные мобильные комплексы эксплуатации районов падения отделяющихся частей ракетоносителей [6-8].

Дальнейшее повышение оперативности обнаружения ОЧ РН возможно путём организации мониторинга районов падения ОЧ группой БЛА среднего и дальнего радиуса действия. Поэтому весьма актуальной представляется задача предполетного и оперативного планирования полёта группы беспилотных летательных аппаратов для обнаружения ОЧ РН в заданных районах падения.

В общем случае при организации мониторинга территорий группой БЛА наземных неподвижных объектов зачастую достаточно формирования полетного задания, используя известные данные о их местоположении. В отличие от этого случая в данной работе рассматриваются процессы обслуживания особого класса мобильных объектов (МО), графики которых либо заданы, либо требуют предварительного назначения, чтобы обслужить эти объекты «в нужное время и в нужном месте». При этом сделано допущение, что по данным расчётов направления и скорости движения объектов по трассам заранее известны при следующей постановке задачи.

1 Постановка задачи

Необходимо решить задачу по определенным критериям в следующем порядке.

1. Найти решение задачи обслуживания группой БПЛА различных наземных объектов, состоящих из трех групп, – наземных неподвижных пунктов без заданного графика их наблюдения, подвижных объектов и наземных пунктов (НП), график наблюдения которых задан, и только мобильных объектов (МО), график наблюдения которых необходимо спрогнозировать.

2. Для неподвижных пунктов заданы координаты их местоположения X, Y, Z, для МО курс ψ и скорость $V_ц$ ($V_ц$ – скорость цели) движения по трассам. Общее число n объектов наблюдения (ОН) задано.

3. Все объекты наблюдения имеют различную важность. Будем считать, что текущая важность каждого i-го ОН – произведение трех параметров: d_i – заданная априорная постоянная относительная важность; b_i – текущее значение неопределенности знания об объекте наблюдения из-за отсутствия непрерывного контроля при периодическом наблюдении i-го ОН; τ_i – время отсутствия контроля над ОН, отсчитываемое с момента последнего кратковременного наблюдения.

4. Считается, что общая важность J получаемой информации о состоянии объекта наблюдения достигается при минимуме остаточной неопределенности о состоянии объекта наблюдения:

$$J = \min \int_0^T \sum_{i=1}^{n} d_i b_i(t) \tau_i(t) dt \qquad (1)$$

где T – конечный момент времени; t – время функционирования.

5. Динамика снятия неопределенности i-го ОН после его обнаружения и кратковременного наблюдения в течение интервала Δt описывается дифференциальным уравнением:

$$\dot{b}_i = \begin{cases} \lambda_i \quad \text{при} \quad i \neq j; \\ -\dfrac{b_i}{\Delta t} \quad \text{при} \quad i = j, \end{cases} \qquad (2)$$

где λ_i – скорость изменения значения неопределенности; j – номер ОН, который в данный момент наблюдается.

Из уравнения (2) видно, что при ненаблюдении ОН его важность возрастает с постоянной скоростью λ_i, как принято в данной работе, но эта скорость у разных ОН неодинакова и соответствует его персональным динамическим свойствам.

6. Время отсутствия контроля объекта τ_i задержки в получении новой информации при периодическом наблюдении *i*-го МО естественно растет при ненаблюдении и обнуляется при очередном контроле его действий согласно уравнению:

$$\dot{\tau}_i = \begin{cases} 1, \text{ при ненаблюдении МО при } i \neq j; \\ -\dfrac{\tau_i}{\Delta t}, \text{в результате его наблюдения при } i = j. \end{cases} \quad (3)$$

7. При решении задачи предполетного планирования действий БЛА учитывается динамическая важность b_j объектов наблюдения, а также их местоположение и графики их наблюдения. Эти графики определяют интервалы обслуживания других менее важных неподвижных объектов. Обслуживание должно осуществляться внутри выбираемых интервалов Δt_j «в нужном месте трассы и в нужное время».

8. Задано число N используемых БЛА. Высота их полета может меняться по мере выполнения полетного задания. Задана минимальная скорость $V_{\min}$ пролета над интересующим участком трассы за время Δt_j, а также задана максимальная скорость $V_{\max}$ перелета от одного участка трассы к другому.

Требуется: определить состав наиболее приоритетных МО наблюдения в предстоящем вылете группы БЛА, назначить маршруты облета выбранных объектов каждым БЛА и составить расписание обслуживания МО, попавших в план.

2 Генетический алгоритм предполётного планирования

Предлагаемый подход к решению задачи предусматривает при предполетном планировании групповых действий БЛА высокоэффективный генетический алгоритм маршрутизации ввиду многокритериальности и значительной размерности задачи [9-11].

Сущность предлагаемого подхода состоит в том, что весь планируемый маршрут разбивается на несколько участков (блоков), границами которых являются МО, которые необходимо обслужить в заданном графике. В каждом из этих участков доминирующим является свой один или два частных критерия – либо важна своевременность, либо – экономичность и т.д.

После выполнения процедуры формирования «элиты» на базе приведенных критериев начинается процедура «скрещивания» путем перестановки блоков, а затем – «мутации», которая выполняется только между граничными промежуточными пунктами маршрутов. Завершающая операция отбора следующей «элиты» проводится с помощью специального критерия.

Компьютерное моделирование показало, что особый учет графика обслуживания мобильных объектов позволил разбить планируемый маршрут на блоки (между $МО_{j-1}$ и $МО_j$) и тем самым применить процедуры их скрещивания и мутации. Генетический алгоритм лучше на 10-15% не только однопараметрического и двухпараметрических критериев, но даже и трёхпараметрического критерия, так как в итоге выбранный маршрут состоит их участков, каждый из которых оптимален по «своему» показателю.

3 Алгоритмы оперативного планирования

В работе обосновано выполнение оперативного планирования групповых действий БЛА в виде двух различных операций – выбора состава первоочередных ОН и распределения «ближайших» БЛА между ними на текущем шаге. Показано, что оперативное планирование особенно необходимо при потребности совершить повторный облет очередного ОН, либо включить в план обслуживания новый наземный объект, а также при других изменениях динамической обстановки [11, 12].

Для рассмотренной в работе типовой ситуации проведено компьютерное моделирование процессов маршрутизации для одного БЛА и группы из двух БЛА. Результаты моделирования показали, что использование группы БЛА для поиска ОЧ РН по сравнению с применением одного БЛА позволяет повысить оперативность мероприятий в 1,7-2 раза.

Сравнительные результаты компьютерного моделирования процессов маршрутизации такими способами, как жадный алгоритм, алгоритм Дейкстры, и с помощью генетического алгоритма показали, что генетический алгоритм повышает качественное содержание планирования на 15…20 %.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что предложенный подход к обслуживанию МО является полезным дополнением к известному подходу обнаружения наземных целей при облете группой БЛА территории на заданной площади.

Литература

1. Цвиркун А.Д., Степановская И.А. Одиннадцатая международная конференция "Управление развитием крупномасштабных систем" MLSD′2018 // Проблемы управления. 2019. № 2. С. 80-84.

2. Беневольский С.В., Гончаренко В.И. Перспективные технологии решения краевых задач доставки отделяющихся частей ракет-носителей с терминальным наведением // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва. – 2011. – № 2 (26). – С. 10-20.

3. Гончаренко В.И., Кан Ю.С., Травин А.А. Математическое и программное обеспечение анализа рассеивания точек падения фрагментов летательных аппаратов // Труды МАИ: электронный журнал. 24.12.2012. – Вып. №61. – 12 с. URL: http://www.mai.ru/science/trudy/.

4. Районы падения // Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры. URL: http://www.russian.space/298/. Дата обращения 22.01.2019.

5. Поиск отработавших ступеней ракет с помощью беспилотников ZALA // Группа компаний ZALA AERO. URL: http://zala.aero/poisk-otrabotavshix-stupenej-raket-s-pomoshhyu-bespilotnikov-zala/. Опубликовано 22.12.2017. Дата обращения 22.01.2019.

6. ОКР по созданию комплекса эксплуатации районов падения частей ракет // URL: https://4science.ru/finsupports/Sozdanie-kompleksa-ekspluatacii-raionov-padeniya-otdelyaushihsya-chastei-raket-kosmicheskogo-naznacheniya-Shifr-OKR-KERP-Vostok © 4science. Опубликовано 22.12.2017.

7. Костылев Г.М., Ожигова А.В., Шатров Я.Т. Логистическая модель построения комплекса средств эксплуатации районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2014. №8. – С. 31-38.

8. Работы в районе падения отделяющихся частей ракеты-носителя продолжаются в Якутии: Вчера с космодрома «Восточный» Амурской области совершен пуск ракеты-носителя «Союз-2». // YakutiaMedia. URL: https://yakutiamedia.ru/news/774746/. Опубликовано 28.12.2018.

9. Lebedev G., Goncharenko V., Mikhaylin D., Rumakina A. Aircraft group coordinated flight route optimization using branch-and-bound procedure in resolving the problem of environmental monitoring // ITM Web of Conferences. Volume 10 (2017). 2017 Seminar on Systems Analysis. Moscow, Russia, February 14-15, 2017. Les Ulis, France. DOI: https://doi.org/10.1051/itmconf/20171001003.

10. Лебедев Г.Н., Гончаренко В.И., Румакина А.В. Модификация метода ветвей и границ для двумерной маршрутизации координированного полета группы летательных аппаратов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016, том. 17. – №11. – С. 783-791.

11. Гончаренко В.И., Лебедев Г.Н., Михайлин Д.А. Задача оперативной двумерной маршрутизации группового полета беспилотных летательных аппаратов // Известия РАН. Теория и системы управления. 2019. № 1. С. 153-165. DOI: 10.1134/S0002338819010074.

12. Лебедев Г.Н., Гончаренко В.И., Царева О.Ю., Михайлин Д.А. Выбор множества приоритетных наземных объектов наблюдения с помощью беспилотных летательных аппаратов и маршрутизация их полета // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2019. № 2. С. 3-12.

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАКЕТНЫХ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ

Завадский В.К., Иванов В.П., Каблова Е.Б., Кленовая Л.Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва,ул. Профсоюзная д.65
vladguc@ipu.ru

Аннотация: в работе рассматриваются вопросы проектирования бортовых терминальных систем управления современных ракетных средств выведения, связанные с разработкой математического и программного обеспечения. Излагается математическая постановка и задачи проектирования и. краткое содержание основных этапов.

Ключевые слова: бортовые системы управления, ракетные средства выведения, математическое и программное обеспечение, вопросы проектирования.

Введение

При создании перспективных ракет-носителей (РН) и разгонных блоков (РБ) наряду с известными задачами управления движением центра масс и стабилизации углового положения чрезвычайно актуальными становятся задачи управления процессами, которые происходят внутри баков и в топливных магистралях двигателя. Суть этих процессов состоит в следующем. На активных участках полёта происходит непрерывная подача жидких компонентов топлива из баков ракеты в работающий

двигатель. Освободившаяся емкость бака заполняется газом, и внутри бака создаётся давление наддува, необходимое для нормальной работы жидкостного двигателя. В баках происходят теплообменные процессы между газом, жидкостью и стенками баков, оказывающие существенное влияние на давление наддува и расход компонентов топлива из баков.

При управлении внутрибаковыми массо- и теплообменными процессами должен обеспечиваться устойчивый режим выделения энергии большой мощности в жидкостном ракетном двигателе. Ошибка в ходе такого управления является наиболее критичным фактором с точки зрения надежности решения задачи выведения.

Не менее актуальна в рамках рассматриваемой проблемы задача минимизации неиспользуемых остатков топлива, массы газов наддува и, значит, улучшения энергетических характеристик средств выведения.

Общее целевое назначение управления внутрибаковыми процессами заключается в обеспечении условий устойчивой, эффективной работы ЖРД, останова и повторного запуска двигателя при наиболее полной выработке компонентов топлива и минимальных потерях газа наддува при управлении. Единым объектом управления являются массо-и теплообменные процессы, протекающие в баках ступеней ракеты при работающем двигателе и в паузах на пассивных участках полёта разгонных блоков.

В современных ракетах-носителях управление внутрибаковыми процессами реализуется интегрированными бортовыми системами управления расходованием топлива (СУРТ) [1] и управления наддувом с использованием системы пневмогидравлической подачи компонентов топлива (ПГСП) [2].

В исследованиях по этой проблеме [3]:

- сформировано новое, актуальное направление в области управления перспективными ракетными средствами выведения. Новое направление тесно связано с решением двух фундаментальных проблем, возникающих при создании объектов ракетно-космической техники - повышение энергетических характеристик этих объектов и обеспечение безопасности их эксплуатации;
- сформулирована постановка задачи синтеза терминальных систем управления внутрибаковыми процессами ракетных средств выведения, реконфигурируемых в нештатных ситуациях;
- развиты принципы построения и методы синтеза систем управления внутрибаковыми процессами, обеспечивающих повышение надежности и энергетики перспективных средств выведения.

В данной работе излагаются вопросы проектирования бортовых терминальных систем управления современных ракетных средств выведения, связанные с разработкой математического и программного обеспечения.

Проектирование систем управления сложных технических систем, к которым относятся системы управления внутрибаковыми процессами, представляет собой сложный многоэтапный процесс проведения комплексных исследований [4]. В результате таких исследований назначаются цели проектирования и технические требования, определяется облик и структура системы, формулируется постановка задачи синтеза.

Отметим, что процесс проектирования в значительной мере основывается на тесном взаимодействии специалистов в области управления и инженеров-специалистов в данной предметной области.

Формальная постановка задачи проектирования исходит из формирования исходных атрибутов проектирования, отражающих физическую сущность создаваемой системы.

Целевое назначение проектируемой системы может быть представлено вектором целевых функций, сформированных в постановке задачи синтеза систем управления внутрибаковыми процессами ракетных средств выведения, реконфигурируемых в нештатных ситуациях.

Требования к системе задаются в виде заданных желаемых значений вектора целевых функций.

Основная цель терминального управления формулируется в виде краевых условий, накладываемых на конечные значения координат состояния системы.

Применительно к системам управления внутрибаковыми процессами, краевые условия накладываются на конечные значения масс компонентов топлива и на конечные значения давления наддува в газовых «подушках» баков, вытекающие из требования безаварийности останова двигательной установки.

Краевые условия на параметры траектории движения ракеты определяются падением отработавшей ступени в заданный район или выведением полезной нагрузки на заданную околоземную орбиту.

Целью управления нутрибаковыми процессами является также достижение наилучших энергетических характеристик ракеты-носителя, которое обеспечивается путем максимизации конечного значения модуля вектора кажущейся скорости.

Накладываются ограничения на координаты объекта, их производные и на управление. Наиболее существенными среди них являются ограничения на отклонения коэффициента соотношения расходов компонентов топлива через двигатель, на значения давления наддува в баках и давления в камере сгорания, обеспечивающие эффективную, устойчивую работу двигателя.

Помимо целевых функций, для проектируемой системы должны быть сформированы множество альтернативных проектных решений и множество режимов функционирования системы.

Множество альтернативных проектных решений формируется инженерами-специалистами в данной предметной области с помощью специалистов в области управления динамическими системами, формализующих инженерные знания и практику.

Выбор «наилучшего» из набора допустимых проектных решений производится для заданного множества режимов функционирования системы в штатных и нештатных ситуациях (НШС) [5].

Множество режимов функционирования содержит возмущенные варианты, в которых все агрегаты системы функционируют в штатном режиме, а также нештатные режимы функционирования для состояний системы с аппаратными отказами.

В процессе проектирования системы решаются две основные задачи. Одна из них заключается в выборе наилучшего проектного решения, другая - в проверке правильности его реализации.

Выбор наилучшего проектного решения представляет собой сложную задачу многокритериальной оптимизации. Действительно, сравнение альтернативных проектных решений по нескольким критериям должно производиться через решение весьма трудоемких задач. Для вычисления целевых функций необходимо проведение математического моделирования работы системы с использованием сложных, стохастических имитационных моделей ее функционирования. Контроль правильности реализации принятых решений проводится на основе экспериментальных данных, полученных в результате проведения стендовых испытаний системы и упомянутого выше имитационного математического моделирования в различных режимах функционирования системы.

На практике используется упрощенная технология выбора проектных решений и проверки правильности их реализации.

Рассматривается существенно ограниченное множество возмущенных штатных режимов функционирования системы, включающих только статистически предельные ситуации в плане энергетических характеристик ракеты-носителя и безаварийности выключения двигательной установки.

Существенное сокращение множества нештатных ситуаций достигается за счет агрегирования аппаратных отказов.

В упрощенной технологии для вычисления целевых функций могут использоваться сравнительно простые имитационные модели функционирования системы.

При решении задачи выбора проектных решений отличие фактических значений от желаемых определяется ошибками в принятии решений и является информацией для коррекции таких решений.

Выбор наилучшего проектного решения и контроль правильности его реализации представляет собой итеративный процесс. Процедура выбора повторяется на различных этапах проектирования (эскизное проектирование, этапы отработки агрегатов и алгоритма управления системы, проверка системы на стендовом комплексе, аналого-цифровое моделирование, летно-конструкторские испытания).

В докладе излагается краткое содержание основных этапов разработки математического и программного обеспечения, определяющих технологию выбора наилучших проектных решений и контроль правильности их реализации.

Изложенная технология проектирования и методов отработки бортовых систем управления постоянно совершенствуется, с учетом опыта натурных испытаний и эксплуатации системы в составе отечественных средств выведения. Эта технология позволяет в наиболее полном объеме проверить работу системы и ее алгоритмов в наземных условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации, и в значительной мере исключить проектные ошибки.

Разработанная технология после тщательной проверки нашла широкое применение при проектировании систем СУРТ и ПГСП отечественных ракет-носителей и разгонных блоков, включая современные разработки для РН «Ангара», РН «Союз», РБ КВТК.

Получены оценки эффективности применения бортовых систем управления расходованием топлива перспективных ракетно-космических средств выведения.

Для РН легкого класса «Ангара-1.2» управление полной выработкой топлива последней второй ступени обеспечивает выигрыш в полезной нагрузке при выведении на низкую околоземную орбиту – 145 кг.

Для РН среднего класса «Ангара-А5» управление полной выработкой топлива последней третьей ступени обеспечивает выигрыш в полезной нагрузке, ориентировочно, – 350 кг.

Суммарная эффективность управления расходованием топлива для трехступенчатой РН «Протон-М» характеризуется увеличением веса полезной нагрузки на 450 кг. Для РН «Протон-М» не менее важное значение имеет уменьшение неиспользуемых остатков токсичных компонентов топлива, отработанных нижних ступеней ракеты, загрязняющих районы их падения. Для 1-й ступени РН «Протон-М» управление расходованием топлива обеспечивает уменьшение веса суммарного остатка топлива на величину ~ 2 т.

Литература

1. *Андриенко А.Я., Иванов В.П., Портнов-Соколов Ю.П.* Системы управления расходованием топлива жидкостных ракет (история создания и пути развития). – Космонавтика и ракетостроение, 1999, вып. 15.
2. *Гордеев В.А., Жуков В.А., Завадский В.К. и др.* Новые технологии построения пневмогидравлических систем подачи топлива в ЖРД //Датчики и системы, 2002, № 9. С. 48 – 59.
3. *Жуков В.А., Завадский В.К., Иванов В.П., Каблова Е.Б., Кленовая Л.Г., Муранов А.А., Чадаев А.И., Тропова Е.И.* Принципы построения и методы синтеза систем управления внутрибаковыми процессами ракетных средств выведения, реконфигурируемых в нештатных ситуациях. НТО по теме, РФФИ, ИПУ РАН, 2014 г.
4. *Краснощеков П.С., Федоров В.В., Флеров Ю.А.* Элементы математической теории принятия проектных решений // Автоматизация проектирования. – 1997. – № 1. – С. 15–23.
5. *Андриенко А.Я., Тропова Е.И., Чадаев А.И.* Совершенствование бортовых систем обеспечения безопасности выведения на орбиту // Датчики и системы. 2011. № 9. С. 6-9.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Карпов А.Е., Клочков В.В.

НИЦ Институт им. Н.Е. Жуковского,
Россия, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1
fansy95@mail.ru, vlad_klochkov@mail.ru

Аннотация: предложен методологический подход к оценке эффективности применения беспилотных авиационных систем для формирования распределенных гибких производственно-логистических систем. Обоснованы условия, в которых именно особенности беспилотных авиационных систем могут способствовать переходу к новой, более эффективной организации производства в различных отраслях экономики.

Ключевые слова: производственно-логистические системы, сетевая структура, эффективность, беспилотные летательные аппараты, стоимость грузоперевозок, оптимальная грузоподъемность.

Задача исследования – определить условия, при которых технико-экономические особенности беспилотных летательных аппаратов (БЛА), используемых в грузоперевозках, могут быть наиболее значимыми с точки зрения организации производства в различных отраслях.

Рассматриваются следующие альтернативные варианты отраслевой структуры экономики:

- традиционная вертикально интегрированная организация предприятий, на каждом из которых реализуется полный цикл производства продукции,
- и сетевая организационная структура, в которой взаимодействуют поставщики готовой продукции (системные интеграторы) и специализированные поставщики компонентов или производственных услуг (центры специализации).

Сетевая организационная структура обладает рядом преимуществ перед традиционной. Поскольку специализированные поставщики, как правило, немногочисленны, и обеспечивают своей продукцией нескольких системных интеграторов, имеет место концентрация производства однородных компонентов или производственных услуг. Это, в свою очередь, позволяет пользоваться экономией на масштабах, эффективно применять высокопроизводительное оборудование (в т.ч. автоматизированное) и более прогрессивные технологии.

В то же время сетевые отраслевые структуры порождают новые риски, поскольку в них появляется множество рынков промежуточных продуктов. При этом возникают высокие контрактные риски и транзакционные издержки. Как показывает практика, несмотря на очевидное «технологическое» преимущество сетевой организации производства перед традиционной, первая может быть жизнеспособной лишь в том случае, если можно быстро и дешево сменить контрагента. Это обеспечивается модульной архитектурой изделий, а также современными информационными технологиями – в первую очередь:

- облегчающими и удешевляющими транзакции, поиск партнеров и заключение контрактов,
- и ускоряющими при необходимости освоение выпуска компонентов или производственных услуг по спецификациям конкретных заказчиков (что требует электронного описания изделия и технологий его производства, а также автоматизированного производственного оборудования, чаще с числовым программным управлением, ЧПУ).

Подробнее об этих классах информационных технологий см. [2]. Иначе говоря, сетевые структуры требуют высокой гибкости кооперационных связей между специализированными поставщиками и системными интеграторами.

Сетевая отраслевая структура почти автоматически подразумевает распределенную организацию производства, поскольку специализированные поставщики и системные интеграторы могут располагаться в разных местах. Разумеется, обмен компонентами и полуфабрикатами, незавершенной продукцией между «узлами» таких сетей возможен лишь при наличии соответствующих средств транспорта. Причем, перевозки должны быть относительно дешевыми, чтобы выгода от концентрации однородных производств превысила сумму транзакционных и транспортных издержек.

В экономической науке разработаны методы оценки эффективности сетевой организации производства по сравнению с традиционной, вертикально интегрированной. Для обоих вариантов организационной структуры сопоставляются полные издержки на выпуск определённого объема продукции в отрасли, с учетом как собственно себестоимости производства всех необходимых компонентов и производственных услуг, так и транзакционных и транспортных издержек, а также контрактных рисков, возникающих в сетевых структурах (см, например, работу [1]). Можно оценить пороговые параметры, характеризующие транспортные и информационные технологии (стоимость и длительность смены контрагентов, стоимость и длительность перевозки компонентов и полуфабрикатов между предприятиями), при которых переход к сетевой структуре будет эффективным.

В связи с изложенным представляет интерес влияние новых технологических возможностей в сфере транспорта на эффективность производства при сетевой отраслевой организации. Здесь в центре внимания – возможности, предоставляемые БЛА, которые, как ожидается, будут широко использоваться не только в традиционных сегодня задачах мониторинга, но и в логистике, в грузовых перевозках. Их применение в сетевых производственно-логистических системах может быть актуально для перевозки между предприятиями комплектующих изделий, полуфабрикатов (продукции, незавершенной производством). Но прежде всего необходимо уточнить набор преимуществ БЛА перед альтернативными транспортными средствами, как наземными, так и воздушными. По сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами БЛА, благодаря отсутствию экипажа на борту, способны существенно сократить стоимость перевозок. Причем, их преимущество резко возрастает по мере уменьшения грузоподъемности. Если принять массу пилота и необходимых средств жизнеобеспечения равной 100 кг, то очевидно, что при грузоподъемности порядка 100 кг и, тем более, ниже – порядка 10 или даже нескольких кг – затраты на полет воздушного судна практически не сократятся по мере сокращения грузоподъемности. В то же время, для БЛА по мере сокращения потребной грузоподъемности возможно значимое сокращение взлетной массы, габаритов, потребной мощности силовой установки и расхода энергии, и т.п. При миниатюризации воздушного судна проще обеспечить возможность вертикального взлета и посадки, весьма актуальную с точки зрения снижения затрат на наземную инфраструктуру.

Следовательно, можно предварительно полагать, что наиболее значимые преимущества грузовые БЛА обеспечивают при доставке малых партий грузов – порядка 100 кг или менее. Как правило, современные и перспективные БЛА, которые могут применяться в грузовых перевозках, развивают крейсерские скорости до 200-300 км/ч, иногда даже не более 100 км/ч. Но ее повышение не столь значимо с точки зрения сокращения общего времени доставки, поскольку большее значение может иметь интервал между рейсами, ожидание очередной партии грузов [3]. И здесь значима именно малая грузоподъемность беспилотных ВС при относительно низких (по сравнению с пилотируемыми воздушными судами) удельных транспортных издержках в расчете на килограммо-километр

транспортной работы. При этом характерные дальности полета могут быть в пределах 1000 км. При б**о**льших расстояниях между предприятиями-контрагентами перевозки между ними могут осуществляться мультимодальным образом, т.е. на магистральных участках маршрута может быть выгоднее воспользоваться регулярными грузовыми и почтовыми линиями. Таким образом, суммарное время доставки груза, как правило, остается в пределах суток.

Остается, вернувшись к экономико-математическим моделям отраслевых структур, определить, в каких случаях будут наиболее значимы преимущества грузовых БЛА как средств доставки компонентов и полуфабрикатов. Разумеется, в разных отраслях промышленности и народного хозяйства характерные массы и потоки комплектующих и готовых изделий, серийность их выпуска и соответствующие грузопотоки между предприятиями могут отличаться даже по порядку величины (в случае сетевой структуры). Однако можно описать область условий, в которых особенности грузовых БЛА могут оказаться решающими при переходе к прогрессивным организационным структурам.

Если грузопотоки между предприятиями в сетевой структуре регулярны, их кооперация длится значительное время, порядка года и более, это означает возможность и не прибегать к использованию БЛА в логистике. Можно постепенно накапливать на складах компоненты или полуфабрикаты, заполняя соответствующими грузами и более крупные транспортные средства – воздушные, наземные, водные – которые, скорее всего, обеспечат гораздо более низкую себестоимость доставки грузов (в расчете на килограммо-км), чем малоразмерные БЛА. При этом потребителям готовой продукции будет неважно, что компоненты изделия провели в ожидании поставки даже несколько месяцев. Ограничителем в таком «стационарном» режиме могут выступить, разве что, финансовые соображения. Если подлежащие перевозке компоненты или полуфабрикаты являются настолько дорогостоящими, что потери из-за омертвления вложенного в них капитала (даже за долю года) превысят прирост транспортных издержек при переходе к малоразмерным БЛА, тогда следует обмениваться малыми партиями грузов, соответствующими оптимальному диапазону грузоподъемности БЛА.

Однако применение БЛА в логистике может принести положительный эффект и в иных случаях, лишь бы подлежащие перевозке изделия имели массу, не превышающую порог эффективности БЛА (т.е. порядка 100-1000 кг, или даже меньше). Гибкость связей в сетевой структуре позволяет формировать, фактически, уникальные распределенные производственно-логистические системы «под» конкретные проекты (типы готовой продукции) или даже заказы. Можно перейти к производству сложной продукции по индивидуальным заказам, создавая под каждый из них уникальное *виртуальное производственное объединение*. Т.е. под конкретный заказ подбирается уникальный состав специализированных поставщиков компонентов и производственных услуг. Разумеется, такое «гибкое производство» дороже обычного серийного выпуска продукции «в базовой комплектации». Чтобы оно стало экономически выгодным, потребители должны быть готовы заплатить премию к цене изделия, отражающую плату за срочность и индивидуальность их заказа. Можно определить пороговый уровень стоимости килограммо-километра грузовых БЛА, при котором переход к гибкому производству сложных изделий по индивидуальным заказам становится оправданным. Задаваясь параметрами таких аппаратов, хотя бы и рекламными или гипотетическими, можно решать и обратную задачу – прогнозировать экономическую эффективность применения таких БЛА в составе распределенной производственно-логистической системы, оперативно удовлетворяющей индивидуальный спрос на сложные изделия в различных комплектациях и версиях.

Литература

1. *Байбакова Е.Ю., Клочков В.В.* Экономические аспекты формирования сетевых организационных структур в российской наукоемкой промышленности // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». 2010. С. 697-721.
2. *Клочков В.В.* CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 124 с.
3. *Карпов А.Е., Клочков В.В.* The Prediction of Transport-Logistics Systems Based on Unmanned Aerial Vehicles Creation Efficiency / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). М.: IEEE, 2018. С. https://ieeexplore.ieee.org/document/8551860.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПОЛЕТНОГО ПЛАНШЕТА[87]

Мельничук А.В., Нестеров В.А., Судаков В.А., Сыпало К.И.

Московский Авиационный Институт (Национальный Исследовательский Университет), Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4

Национальный исследовательский центр "Институт имени Н.Е. Жуковского", Россия, г. Москва, ул. Викторенко, 7

alexander.melnichyuk@gmail.com, sudakov@ws-dss.com

Аннотация: Предложено использование принципов экспертной системы для выполнения автоматизированного расчета параметров взлета и посадки воздушных судов отечественного производства на базе программного приложения для электронного полетного планшета. Разработан прототип программного обеспечения на примере воздушного судна Ту-204.

Ключевые слова: программное приложение, экспертная система, взлетно-посадочные характеристики, электронный полетный планшет, electronic flight bag.

Введение

Несмотря на то, что взлет и посадка составляют меньшую часть полета, указанные этапы являются наиболее сложными и имеют критическое значение с точки зрения безопасности полетов. При этом, для обеспечения безопасного выполнения взлета и посадки имеет расчет взлетно-посадочных характеристик (ВПХ). Основным назначением расчета ВПХ является определение максимальной взлетной и посадочной массы ВС и характерных взлетных и посадочных скоростей.

В настоящее время для этого на отечественных ВС используются номограммы и/или таблицы зависимостей взлетно-посадочных характеристик, приведенные в Руководстве летной эксплуатации (РЛЭ) ВС. Выполнение расчета с их помощью вручную – это длительный процесс, требующий повышенного внимания, а использование некорректных результатов расчета может привести к авиационному инциденту или авиакатастрофе.

Для решения проблемы выполнения расчета ВПХ на ВС иностранного производства широкое распространение получили специализированные программные приложения, работающие на платформе электронного планшета летчика (Electronic Flight Bag - EFB). Указанные программные приложения существуют для большинства типов зарубежных ВС, а необходимость разработки подобной системы для отечественных ВС была рассмотрена в [1] и [2].

Актуальной научно-технической задачей является разработка общих принципов создания подобного рода системы, применимой для широкого спектра российских военных и гражданских воздушных судов. Для упрощения наполнения программного обеспечения правилами выполнения расчетов, в системе определения параметров взлета и посадки ВС предлагается применить принципы экспертной системы.

1 Постановка задачи

Разрабатываемая система расчета ВПХ должна соответствовать международным требованиям, представленным в инструктивном материале ICAO [3].

В разрабатываемой системе предполагается использование блоков показанных на рисунке 1.

Разделение системы на блоки необходимо для обеспечения ее адаптивности и расширяемости, позволяя учитывать специфику различных типов воздушных судов.

Наполнение расчетного модуля будет производиться либо предварительно рассчитанными специфическими для конкретного типа ВС таблицами анализа зависимостей ВПХ, либо электронными данными (оцифрованными номограммами) из руководства по летной эксплуатации.

[87] *Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00012 (18-00-00011) КОМФИ*

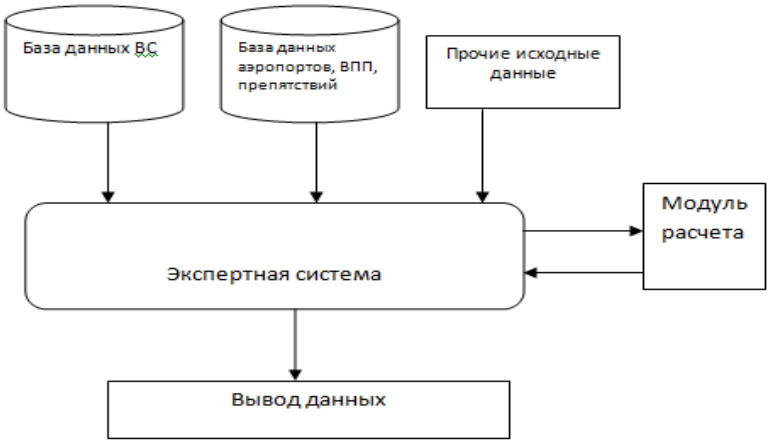


Рис. 1. Архитектура процесса расчета ВПХ

Для управления правилами в экспертной системе предлагается создание специального языка описания знаний с использованием концепции предметно-ориентированного языка программирования (DSL). Данный подход позволит создать ясный и точный язык для работы с предметной областью, обеспечить необходимую гибкость при создании правил и управлении ими.

2 Выбор аппаратной платформы EFB

Наиболее перспективными являются EFB переносного типа на аппаратной платформе планшетных компьютеров, поскольку они обладают невысокой стоимостью, а технология их использования не ограничена применением только в кабине ВС.

В настоящее время активно развивается отечественная нормативная база, регламентирующая одобрение и применение планшетных компьютеров в авиации в качестве EFB, при этом стремительно растет разнообразие моделей планшетных компьютеров, разрешенных к использованию в качестве EFB. Эксплуатанты ВС уже сейчас на этапе внедрения EFB сталкиваются с непростой задачей выбора наиболее рациональной модели устройства для их конкретного случая (задача выбора рациональной модели планшетного компьютера и ее решение подробно рассматривались в [4] и [5]).

С учетом существующего многообразия электронных планшетов, и, прежде всего, для обеспечения работы программного обеспечения на отечественной элементной базе для минимизации зависимости от зарубежных производителей и снижения санкционных рисков, конечной целью является создание универсальной системы расчета ВПХ, т.е. без привязки к одной определенной аппаратной платформе. Достижение указанной цели возможно как за счет адаптации программно-алгоритмического прототипа разрабатываемой системы под существующие платформы, что является простой технической задачей, так и за счет разработки с использованием универсальных систем программирования, транслирующих код для соответствующих виртуальных машин, обеспечивающим возможность использования системы на всем многообразии существующих устройств, без необходимости индивидуальной доработки под каждое из них. К таким универсальным решениям сейчас относятся системы программирования React Native и Flutter. Указанные системы являются свободными и распространяются с открытыми исходными текстами, что снижает риски прекращения поддержки, позволяет самостоятельно дорабатывать системные библиотеки и минимизирует вероятность наличия вредоносного кода.

3 Реализация программного приложения на примере ВС Ту-204

Поскольку на первом этапе реализации программного приложения стоит задача создания программно-алгоритмического прототипа, выбор начальной платформы не имеет критичного значения. Поэтому, в целях обеспечения возможности быстрой адаптации прототипа к другим платформам за счет простоты синтаксиса, его разработка ведется в среде программирования Xcode на языке Swift. Интерфейс разрабатываемого ПО представлен на рис. 2.

Разрабатываемая программная реализация системы расчета взлетно-посадочных характеристик для EFB размещена в открытом доступе веб-сервиса Github и доступна по ссылке:

https://github.com/MelnichukAlexander/

Алгоритм расчета ВПХ в модуле расчета определяется порядком и номограммами зависимостей ВПХ в РЛЭ рассматриваемого типа ВС, что было подробно рассмотрено в [6]. Для автоматизации

расчета, построены математические модели на основании указанных номограмм. Например, в соответствии с построенной математической моделью, взлетная масса, ограниченная нормируемым градиентом набора высоты, представляет собой следующую функцию (1):

(1) $m_{взл} = f(T, Н_{аэр})$,

где T – температура воздуха на аэродроме, $Н_{аэр}$ – высота аэродрома.

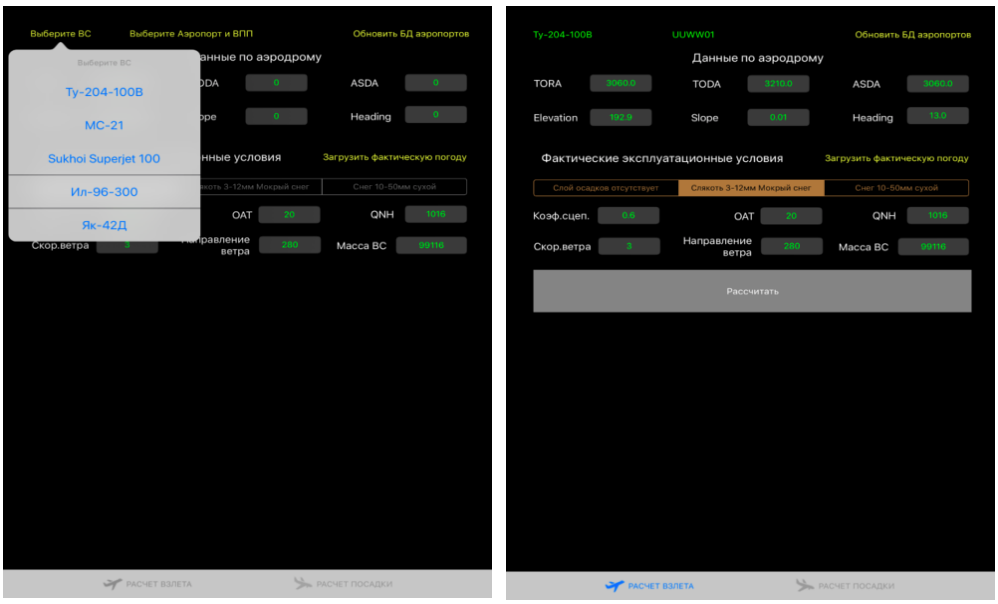


Рис. 2. Интерфейс прототипа программного приложения

В зависимости от значений, которые принимают параметры T и $Н_{аэр,}$ взлетная масса $m_{взл}$, ограниченная набором высоты, может быть определена 12 разными способами.

Например, при $15 \leq T \leq 20$ и $1800 \leq Н_{аэр} \leq 2000$, $m_{взл}$ определяется в соответствии с (2):

(2) $m_{взл} = (4\text{-}0{,}2T)[(118061 – 8{,}48485Н_{аэр}) – (119430 – 10{,}596Н_{аэр})] + (119430 – 10{,}596Н_{аэр})$

Для наполнения базы данных по аэропортам, ВПП и препятствиям используется информация из AIP (сборников аэронавигационной информации) государства. Данный сборник считается государственным документом и в каждой стране издается циклами назначенным государственным органом.

Заключение

Применение принципов экспертной системы, основанной на правилах, позволит обеспечить гибкость при определении ВПХ, а разработанная архитектура процесса расчета ВПХ обеспечит инвариантность по отношению к типам воздушных судов в едином программном приложении, что исключит необходимость осваивать разное ПО при переучивании пилота на другой тип ВС или наличии допусков на разные типы ВС.

Разрабатываемая система определения параметров взлета и посадки позволит крупномасштабным предприятиям повысить безопасность и эффективность эксплуатации парка отечественных воздушных судов, а авиастроительным предприятиям России – повысить конкурентоспособность авиационной техники за счет предоставления рассмотренной в настоящей работе системы в качестве сопутствующего программного инструмента.

Литература

1. *Мельничук А.В., Судаков В.А.* Предпосылки создания системы автоматизированного расчёта взлетно-посадочных характеристик воздушного судна // Гагаринские чтения – 2016: XLII Международная молодёжная научная конференция. Сборник тезисов докладов: В 4 т. М.: Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), 2016. – С.428-429.

2. *Мельничук А.В., Марценюк Е.А.* Предпосылки создания ЭС для определения требуемых характеристик процесса взлета/посадки ВС в зависимости от погодных условий и конкретных параметров взлетно-посадочной полосы // 16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика - 2017»: Сборник тезисов докладов, Москва: Типография «Люксор», 2017. – С.174-175.

3. ICAODoc 10020 «Руководство по электронным полетным планшетам (EFB)» – 2016 //[электронный ресурс] – Режим доступа.– URL: http://dspk.cs.gkovd.ru/library/viewitem.php?id=1082 (дата обращения 13.06.19).

4. *Мельничук А.В., Марценюк Е.А.* Предпосылки создания ЭС для выбора электронного планшета электронной информационной системы EFB для летного экипажа воздушного судна // Международная молодежная научная конференция «XXXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых»: Материалы конференции. Сборник докладов, в 4 т. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2017. – Т.2. – С.781-784.
5. *Сыпало К.И., Нестеров В.А., Дутов А. В., Судаков В. А.* Нечеткие области предпочтений и их применение в задаче выбора электронного планшета летчика // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2018. №2. С.60-68.
6. *Мельничук А.В., Нестеров В.А., Судаков В.А., Сыпало К.И.* Разработка приложения для определения рациональных характеристик процессов взлета и посадки воздушных судов с применением экспертной системы // Ежеквартальный научный журнал «Электронные информационные системы». – М.: АО «НТЦ ЭЛИНС», 2019. №1 (20). С.63-72.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАНОСПУТНИКА ТНС-0№2 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НИЗКОЛЕТЯЩИХ СПУТНИКОВ

Панкратов В.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5
mathmod@live.ru,
Литун С.И.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
litun.svetlana@mail.ru

Аннотация: Работа посвящена важной задаче механики космического полета – анализу орбитального движения низколетящего искусственного спутника Земли (ИСЗ) с целью уточнения параметров атмосферы для повышения точности прогнозирования баллистического движения орбитальных объектов в верхних слоях атмосферы.

Ключевые слова: спутник ТНС-0 №2, SGP4, динамическая модель движения КА, EGM, IGRF, метод наименьших квадратов, баллистический коэффициент, индекс геомагнитной возмущенности.

Введение

В работе описаны результаты, относящиеся к методике уточнения индекса геомагнитной возмущенности. Данный индекс используется в различных моделях плотности атмосферы. Индекс геомагнитной возмущенности K_p, входящий в модель плотности атмосферы, довольно изменчив и имеет огрубленное значение, осредненное по трехчасовым индексам геомагнитной возмущенности, определенным на 13-ти геомагнитных обсерваториях.

Предлагается уточнять этот индекс посредством определения движения низкоорбитального КА общего назначения ТНС-0 №2 цилиндрической формы. Получаемые результаты предлагается использовать для уточнения решения ряда задач, в которых применяется данная модель движения. Разумеется, найденные поправки можно использовать только на том интервале времени, для которого они были определены. Кроме того, для использования полученного уточнения орбита другого ИСЗ должна быть близка к орбите рассматриваемого КА [1].

По полученным значениям проверялась согласованность полученных расчетных данных с данными наблюдений.

1 Обработка траекторных данных уточнением баллистического коэффициента

При обработке данных использовались уравнения движения (1), записанные в гринвичской системе координат с учетом нецентральности поля тяготения Земли и аэродинамического сопротивления атмосферы.

$$(1)\quad \begin{cases} \dot{x_1} = v_1, \\ \dot{x_2} = v_2, \\ \dot{x_3} = v_3, \\ \dot{v_1} = -\left(\frac{\mu}{|\boldsymbol{r}|^3} + \omega_E^2\right) x_1 + 2\omega_E \dot{x_2} - \rho_a c_b |\boldsymbol{v}| v_1 + f_1, \\ \dot{v_2} = -\left(\frac{\mu}{|\boldsymbol{r}|^3} + \omega_E^2\right) x_2 - 2\omega_E \dot{x_1} - \rho_a c_b |\boldsymbol{v}| v_2 + f_2, \\ \dot{v_3} = -\left(\frac{\mu}{|\boldsymbol{r}|^3} + \omega_E^2\right) x_2 - \rho_a c_b |\boldsymbol{v}| v_3 + f_3. \end{cases}$$

Здесь $\mathbf{f} = (f_1, f_2, f_3)$ – возмущающее ускорение, обусловленное нецентральностью земной гравитации, ρ_a – плотность атмосферы, c_b – баллистический коэффициент, ω_E – угловая скорость вращения Земли. Нецентральность поля тяготения учитывалась с точностью до членов порядка (16,16) включительно при разложении гравитационного потенциала Земли в ряд по шаровым функциям, использовалась стандартная модель EGM2008.

Интегрирование системы уравнений движения центра масс ИСЗ осуществлялось с помощью метода Рунге-Кутта 8 порядка. Расчетные значения объединим в векторы $\mathbf{r} = (x_1, x_2, x_3)$, $\mathbf{v} = (v_1, v_2, v_3)$, где x_1, x_2, x_3 – гринвичские координаты спутника, v_1, v_2, v_3– компоненты вектора скорости.

В качестве начальных данных использовались результаты наблюдений, полученные с использованием открытой американской модели SGP4 [2]. Данная модель позволяет строить непрерывные аппроксимации измерений по данным TLE, полученным с наземных станций системы радиоконтроля группировки NORAD. Эти данные представляли собой ряды $\mathbf{R}^{(n)} = \left({R_1}^{(n)}, {R_2}^{(n)}, {R_3}^{(n)}\right)$, $\mathbf{V}^{(n)} = \left({V_1}^{(n)}, {V_2}^{(n)}, {V_3}^{(n)}\right)$ на равномерной временной сетке $\{t_n\}$ с шагом равным 1 минуте и были сгруппированы в наборы из $N = 1440$ наблюдений, соответствующих одним суткам. Данные наблюдений охватывали 500 дней полета.

Из-за различных влияний со стороны активностей на Солнце, геомагнитных активностей значение плотности атмосферы, входящей в модель аэродинамического сопротивления, может значительно отличаться от прогнозируемого. Российский ГОСТ Р 25645.166-2004 плотности атмосферы для баллистических расчетов [3] содержит три основных параметра: индексы солнечной активности $F_{10.7}$ и F_{81} и индекс геомагнитной возмущенности K_p. Индексы солнечной активности довольно медленно меняются и достаточно точно прогнозируются, в отличие от них индекс K_p не только более изменчив, но ещё и более огрублен [3]. Для расчетов повышенной точности рекомендуется уточнять именно этот параметр. Кроме того, стандарт так же рекомендует уточнять баллистический коэффициент c_b по результатам наблюдений за движением ИСЗ с целью согласования плотности, рассчитанной согласно модели ГОСТ, и её фактическим значением.

Рассматриваемый в работе, технологический наноспутник ТНС-0 №2, совершает ориентированный полет вокруг Земли. Геометрические размеры и масса наноспутника точно известны, форма – правильный шестиугольник. Для упрощения математической модели форма корпуса рассматривалась в виде кругового цилиндра. На КА была установлена пассивная система магнитной ориентации. После окончания переходных процессов и демпфирования угловой скорости ось симметрии корпуса отслеживала вектор напряженности магнитного поля Земли. В численном моделировании для определения магнитного поля Земли использовалась модель IGRF2015.

Исходя из конструктивных особенностей КА, баллистический коэффициент, равный отношению площади миделевого сечения ИСЗ к его массе, можно представить в виде (2)

$$(2)\quad c_b = \frac{S_0}{m} = \frac{S_{min}}{m}(cos\psi + 3sin\psi) = \tilde{c}_b(cos\psi + 3sin\psi),$$

где ψ – угол между вектором геомагнитной напряженности и вектором скорости ИСЗ, $\tilde{c}_b$ – параметр согласования модели аэродинамического сопротивления с данными наблюдений.

Для согласования баллистического коэффициента КА с данными наблюдений вдоль решения системы уравнений орбитального движения ИСЗ в течение суток вычислялся функционал (3)

$$(3)\quad \Phi(\boldsymbol{z}) = \sum_{n=0}^{N} \sum_{j=1}^{3} \left[\left(R_j^{(n)} - r_j(t_n, \boldsymbol{z}) \right)^2 + \tau^2 \left(V_j^{(n)} - v_j(t_n, \boldsymbol{z}) \right)^2 \right],$$

где $\mathbf{z} = (\mathbf{y}, \tilde{c}_b)$, $\mathbf{y} = (x_1(t_0), x_2(t_0), x_3(t_0), v_1(t_0), v_2(t_0), v_3(t_0))$ – вектор параметров, состоящий из начальных условий и параметра согласования $\tilde{c}_b$, $r_j(t_n)$, $v_j(t_n)$ – компоненты вектора координат и

вектора скорости соответственно в заданный момент времени t , $\tau = 10^3\ c$ – весовой коэффициент. Минимизация Ф по $\boldsymbol{z}$ выполнялась последовательно методами Левенберга-Марквардта и Гаусса-Ньютона [4].

По результатам минимизации было получено 500 значений параметра согласования $\tilde{c}_b$, была построена гистограмма (Рис.1) и эмпирическая функция распределения. При анализе графического представления был сделан вывод о нормальности распределения параметра согласования, который подтвердили критерии Колмогорова-Смирнова и Пирсона с уровнем доверия 95%.

Уточнение баллистического коэффициента проводилось косвенно, посредством уточнения параметра согласования. Оценкой значения параметра согласования принималась выборочная медиана распределения $\tilde{c}_b = 0.00314\ м^2/кг$.

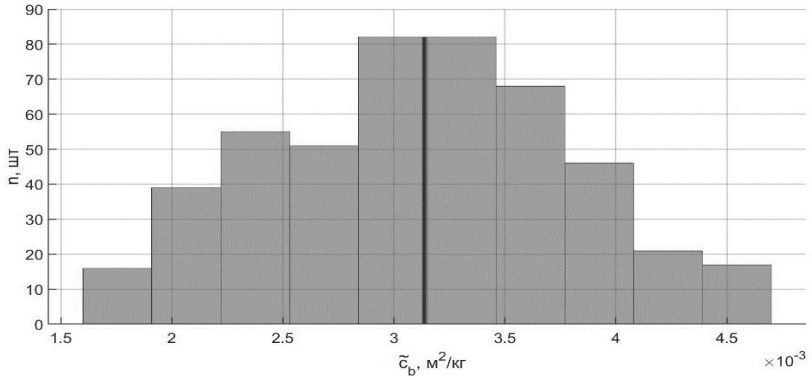


Рис.1. Гистограмма распределения $\tilde{c}_b$

1 Обработка траекторных данных с уточнением индекса геомагнитной возмущенности

В алгоритме уточнения индекса геомагнитной возмущённости функционал Ф рассматривался как функция начальных условий и индекса геомагнитной возмущённости. Параметр согласования выбирался постоянным в соответствии с полученным ранее результатом [1].

В связи с вычислительными трудностями, связанными с точным вычислением производной плотности атмосферы по индексу геомагнитной возмущённости, минимизация Ф по $\mathbf{y}$ и K_p сводилась к вычислению функции $\Phi_1(K_p) = \min_y \Phi(\mathbf{y}, K_p)$ в последовательности точек $K_p^{(n)}$, сходящейся к пределу $\lim_{n\to\infty} K_p^{(n)} = argmin\ \Phi_1(K_p)$. Построение последовательности точек $K_p^{(n)}$ не требовало вычисления производных плотности атмосферы.

Вблизи минимума минимизация проводилась по всем параметрам одновременно с использованием приближённых значений производных плотности атмосферы

(4) $\Phi(\boldsymbol{z}) \to min, \quad \boldsymbol{z} = (x_1(t_0), x_2(t_0), x_3(t_0), v_1(t_0), v_2(t_0), v_3(t_0), K_p).$

Минимизация Ф по $\mathbf{z}$ также осуществлялась последовательным применением методов Левенберга-Марквардта и Гаусса-Ньютона [4].

Анализ полученных результатов проводился в рамках стандартных предположений метода наименьших квадратов: ошибки в измерениях координат и компонент скорости независимы и имеют нормальные распределения с нулевыми средними значениями; стандартные отклонения ошибок координат (скоростей) одинаковы, но неизвестны.

Точность аппроксимации данных наблюдений найденным решением уравнений движения и точность определения этого решения обычно характеризуют стандартным отклонением ошибок измерений и стандартными вектора параметров.

Выявлено, что с уточненным набором параметров расчетные значения вектора координат лучше аппроксимируют данные наблюдений. Средние квадратические отклонения аппроксимации имеют порядок десятков метров, что в рамках задач механики космического полета – небольшая величина.

Литература

1. *Алямовский С.Н. [и др.]* Уточнение индекса геомагнитной возмущенности по измерениям орбиты тестового спутника // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. –2018. № 41. –43 с.

2. *Hoots F.R., Roehrich R.L.* Models for propagation of NORAD element sets. –1988. Spacetrack report № 3, – 91p. ГОСТ Р 25645.166-2004 Атмосфера Земли верхняя. Модель плотности для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли. - М: ИПК Издательство стандартов, 2004.

3. *Гилл Ф., Мюррей У., Райт М.* Практическая оптимизация, – М.: Мир, 1985.– 509 с.

ЭТАЛОННАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТРУКТУРЕ

Рыжко А.Л.

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)», Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4

ARyzhko@list.ru,

Сварник П.Е.

ООО «ЛАНИТ-Интеграция», Россия, г. Москва, Мурманский проезд, д. 14, к. 1

P.Svarnik@yandex.ru

Аннотация: При построении и цифровой трансформации бизнес-моделей предприятий является перспективным создание из таких предприятий вертикально интегрированных холдингов, а также формирование расширенных (виртуальных) предприятий. В целях унификации моделей таких предприятий разработана эталонная модель. Для каждой из девяти ее функциональных областей дана расширенная характеристика.

Ключевые слова: Архитектура предприятия, Эталонная модель, Интеграция предприятий, Высокотехнологичное предприятие, Функционал-центричность, Жизненный цикл продукции.

Введение

Мировая экономика в последнее время находится в состоянии постоянной трансформации. Эта трансформация характеризуется серьёзными изменениями на сырьевом и потребительском рынках, турбулентностью ранка капитала, а также непрерывным влиянием политической конъюнктуры. Изменение бизнес-моделей крупнейших мировых компаний в различных отраслях экономики являются как предпосылками этих изменений так и их следствием.

Отрасль промышленного производства является существенным элементом мировой экономики. Именно эта отрасль производит существенную часть мирового валового продукта, создает материальную базу и условия для развития других отраслей. Заметной тенденцией в области трансформации организационных бизнес-моделей объектов отрасли промышленного производства сегодня является создание вертикально интегрированных холдингов и так называемых расширенных (горизонтально интегрированных или иначе говоря – виртуальных) предприятий .

Под предприятием в целях данной работы определим обособленную специализированную хозяйствующую единицу (имущественный комплекс), деятельность которой опирается на профессионально организованный трудовой коллектив, объединённый общими целями, способный с помощью имеющихся в его распоряжении средств производства изготовить необходимую продукцию (выполнить работы, оказать услуги) определённого назначения, профиля, ассортимента в соответствии с актуальными задачами.

В последнее десятилетие процессы интеграции достаточно активны и в российском авиастроении. Здесь сформированы вертикально интегрированные структуры: ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ПАО «ОАК»), АО «Вертолёты России», АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (АО «ОДК»), АО «Концерн Радиоэлектронные технологии» (АО «КРЭТ»), АО «Технодинамика».

1 Обзор литературы и исследований

Обобщением процесса проектирования архитектуры отдельного предприятия является задача проектирования эталонной концептуальной архитектуры группы предприятий. К настоящему моменту вопрос проектирования архитектуры конкретного предприятия в основном своём объёме хорошо изучен. На протяжении последних 30 лет его исследованию посвящалось множество сил. В основе проектирования архитектуры предприятия лежат так называемые фреймворки. Они представляют собой типовые шаблоны, разрабатываемые различными рабочими группами и коммерческими компаниями для задач методологической поддержки проектов развития или трансформации.

Можно назвать следующие наиболее известные архитектурные фреймворки, которые использовались для выработки результата рассматриваемой работы:

- Zachman Framework. Описание онтологии предприятия, которая предназначена для структурированного описания предприятия. Разрабатывается под руководством Джона Захмана.
- TOGAF (The Open Group Architecture Framework). Формализованный подход к дисциплине Архитектура предприятия, который описывает проектирование, планирование, внедрение и

управление корпоративной информационно-технологической архитектурой. Разрабатывается консорциумом The Open Group.

- DoDAF (The US Department of Defense Architecture Framework). Формализованный подход, который описывает способы представления сложных систем с различных точек зрения. Разрабатывается Министерством обороны США (United States Department of Defense).

2 Материалы и методы

В основе исследования лежит системный подход применяемый для синтеза целевой эталонной модели на основе проанализированных материалов. В качестве исходных материалов используются действующие государственные стандарты, маркетинговая аналитическая модель, результаты анализа существующих тенденций.

Облик эталонной модели был сформирован первоначально для российской вертикально интегрированной структуры, осуществляющей свою деятельность в области авиастроения. Разработка программы информатизации этой структуры, включающей в себя ряд серийных и опытных производственных площадок, конструкторских бюро, ремонтных заводов требовала анализа состояния автоматизации функциональных направлений деятельности всех предприятий в едином ключе.

4 Результаты исследования

В целях унификации понятий, применяемых для анализа функций предприятий вертикально интегрированных структур и расширенных предприятий, а также решения задачи проектирования систем управления этими предприятиями, была разработана эталонная функциональная модель промышленного предприятия [1].

На основе функциональной модели «предприятие – система управления», описанной в ГОСТ Р МЭК 62264-1-2014, выбрана топологическая схема эталонной модели (функционал-центричная) и определены основные функциональные области деятельности предприятия.

Типовые стадии жизненного цикла, перечисленные в ГОСТ Р 56135-2014, повлияли на выделение функциональной доминанты эталонной модели, основанной на последовательности стадий «Разработка – Производство – Эксплуатация», а также на корректировку принципа формирования перечня функциональных областей.

Эталонная модель, представляет собой совокупность девяти функциональных областей промышленного предприятия, распределённых по трём условным уровням: основном уровне, обеспечивающем уровне и уровне ядра. Функциональная область при этом именуется лексемой в форме имени существительного в именительном падеже, и ассоциирует её с объектом системы управления предприятия и процессами характерными для неё.

Каждая функциональная область модели декомпозирована на функциональные блоки, более подробно характеризующую сферу процессов, охватываемую областью эталонной модели. Функциональные блоки находятся на более низком иерархическом уровне декомпозиции модели, чем функциональные области её ядра, основного или обеспечивающего уровней. Именование блоков происходит по тому же принципу, что и именование функциональных областей.

Принципами, на основании которых реализована эталонная модель функций промышленного холдинга, являются:

1. ***Обобщённость.*** Модель является упрощённым представлением системы управления промышленным предприятием и включает все типовые функции, актуальные для рассматриваемой проблемы. Использование модели позволяет привести описание функций предприятий холдинга к семантическому единообразию, а качество их реализации или регламентации – выполнить в едином ключе.

2. ***Сбалансированность.*** Модель включает в себя два уровня иерархии (функциональные области и функциональные блоки) определённые на основе декомпозиции функционального пространства предприятия. Использование модели обеспечивает возможность оценки реализации функций с помощью атрибутов с тождественными весами.

3. ***Функционал-центричность.*** В основе модели лежат функции управления основными, с точки зрения производственного менеджмента, сущностями промышленного предприятия. При этом модель отличает свойство самоподобия (фрактальности) при масштабировании объекта исследования – возможно применение модели для моделирования систем управления предприятиями, холдингами и отраслями, при минимальных изменениях.

Анализ предприятий авиастроительной отрасли показал, что в целях выработки оптимальных функциональных моделей целесообразно выделять несколько обособленных типов предприятий в

соответствии с основными направлениями их деятельности. Зоны ответственности типовых предприятий холдинговых структур авиастроительной отрасли за реализацию стадий жизненного цикла продукции (изделий) формируются путем определения подмножества функций эталонной модели [2].

При том, что перечисленные классы предприятий имеют различные задачи, направления деятельности, организационные и функциональные структуры, оценку состояния их информатизации можно наглядно оценить с использованием эталонной модели, а отсутствующие функции (в формате областей или блоков) просто не будут учитываться в итоговом отчёте, при этом все включенные в отчет функции будут анализироваться единообразно.

Практическая значимость эталонной модели продемонстрирована в ходе реализации ряда подобных проектов, в том числе в области авиастроения. Модель на практике подтвердила реализацию заложенных в неё принципов (обобщённость, сбалансированность, функционал-центричность). Сам инструмент разработан на основе реального опыта, полученного в рамках реализации консалтингового проекта по разработке программы информатизации для промышленного холдинга, осуществляющего свою деятельность в области авиастроения.

Результаты развития предложенной эталонной модели могут быть использованы для выявления точек приложения современных цифровых средств и комплексного развития промышленной сферы в рамках соответствующих государственных инициатив. Закрепление данной эталонной модели в статусе государственного стандарта также могло бы способствовать системному развитию промышленной отрасли.

Литература

1. *Рыжко А.Л., Сварник П.Е.* Эталонная функциональная модель высокотехнологичного предприятия, входящего в состав интегрированной структуры (на примере авиастроения) // Инновации и инвестиции, № 6, 2018.
2. *Рыжко А.Л., Сварник П.Е.* Отображение эталонной функциональной модели высокотехнологичного предприятия на конфигурации типовых предприятий, трансформируемых в условиях интеграции (на примере холдинга авиастроения) // Инновации и инвестиции, № 7, 2018.

МЕХАНИЗМ МОНИТОРИНГА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ КАДРОВ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ ОПАСНОСТИ В АЭРОПОРТАХ

Рухлинский В.М.[1], Большедворская Л.Г[2].

[1]Межгосударственный авиационный комитет,
РФ, 119017, МАК, г. Москва, ул. Б.Ордынка, 22/2/1,
[2]Московский государственный технический университет гражданской авиации
РФ, г. Москва, А-493, ГСП-3, Кронштадтский бульвар, дом 20.
icaomak@mak.ru, l.bolshedvorskaya@mstuca.aero

Ключевые слова: безопасность полетов, технология, программа, уровень профессиональной подготовки, процесс обучения.

Аннотация — Результаты исследований в области подготовки кадров нового поколения для гражданской авиации свидетельствуют, что частью методологии кадрового обеспечения является контроль уровня профессионализма. Решение такой задачи может быть достигнуто путем внедрения механизма непрерывного мониторинга (МНМ) профессиональной пригодности авиаперсонала, обеспечивающего безопасность полетов в зависимости от факторов опасности в зоне аэродрома.

Актуальность задач организации непрерывного мониторинга уровня образования резко возросла в начале XXI века. Это обусловлено:

- изменением состава и структуры паркавоздушных судов в реестре гражданской авиации;
- появление новых стандартов и практики обслуживания воздушных судов нового поколения;
- наличие трудовых и финансовых ресурсов, соответствующих динамическим процессам, происходящих в авиатранспортной отрасли.

В данной статье подчеркивается, что целью осуществления непрерывного обучения является оценка профессиональных навыков в сочетании с компетентностными требованиями, предъявляемыми к профессиональной пригодности кадров в сфере управления безопасностью

полетов в зависимости от факторов опасности в зоне аэродрома. Показано, что если освоение профессиональных навыков и умений требуют использования нескольких технологий, то механизм мониторинга можно представить в виде нескольких модулей.

Введение

При всем многообразии проблем в гражданской авиации, важнейшей и недостаточно изученной остается проблема реализации научно обоснованного системного подхода к управлению безопасностью полетов в зависимости от факторов опасности в аэропортах. Зарождение данной проблемы возникло еще в конце девяностых годов под влиянием причин-факторов, обусловленных состоянием инфраструктуры международных аэродромов и аэродромов федерального подчинения РФ.

Причинами авиационных происшествий, связанных с обеспечением безопасности полетов в зоне аэродрома являются: выезд за пределы ВПП; столкновия с птицами; столкновения на земле; связанные с наземным обслуживанием; потерей управляемости на земле; недолет/перелет; наличием препятствий, открытых каналов или водных путей вблизи аэродрома; несанкционированным выездом на ВПП (аэропорт Внуково); недостаточная организация и обеспечение аварийно-спасательных работ (аэропорт Шереметьево); некачественное удаление наземного обледенения (аэропорт Рощино); отсутствие концевых полос (аэропорт Сочи).

В связи с этим, актуальность темы исследования обусловлена наличием следующих нерешенных задач:

- недостаточно изучены особенности разработки, внедрения и оценки результативности Системы управления безопасностью полетов (СУБП) и Системы менеджмента качества (СМК) организации-поставщика услуг авиационной отрасли;
- исследования в области практической применимости международных стандартов качества серий ISO 9000, ISO 17000 для создания и внедрения СМК не в полной мере отражают процедуры их внедрения в деятельность поставщиков авиационных услуг;
- не уделено соответствующего внимания анализу международных стандартов и рекомендуемой практики (ISARPs) ИКАО для обеспечения безопасности полетов в деятельности аэропортов, Приложения 14 и 19 к Чикагской Конвенции, Doc. 9859 (4 версия).

А главное, существующие модели и методы оценки профессиональной подготовки специалистов гражданской авиации, не учитывают влияние факторов опасности для эксплуатантов, возникающие в аэропортах. Это снижает практическую применимость данных методов и эффективность использования их для оценки уровня подготовки кадров в сфере управления безопасностью полетов и СМК в деятельности поставщика услуг (операторов аэродромов) международной гражданской авиации.

На основании этого сделан вывод, что одной из актуальных задач является задача разработки механизма оценки и мониторинга профессиональной пригодности кадров в сфере управления безопасностью полетов в зависимости от факторов опасности в аэропортах [5].

Формулировка цели

Оценку и мониторинг профессиональной пригодности кадров в сфере управления безопасностью полетов и СМК в деятельности поставщика авиационных услуг (операторов аэродромов) международной гражданской авиации в зависимости от факторов опасности следует рассматривать как некоторую совокупность параметров, определяемых [6]:

- требованиями стандартов и рекомендуемой практики международной гражданской авиации для обеспечения безопасности полетов в деятельности аэропортов;
- требованиями обеспечения авиационной безопасности;
- требованиями применения современных IT-технологи, нейроновых сеток для разработки алгоритмов внедрения СУБП аэропорта.

Предлагается в качестве оценочного показателя мониторинга профессиональной пригодности кадров в сфере управления безопасностью полетов и СМК в деятельности поставщика авиационных услуг использовать функционал, отражающий совокупность приобретенных компетенций для выполнения требуемой работы в деятельности аэропортов:

$$\left(U_f\right) = \{ f_1, f_2, f_3, f_4, f_5 \},$$

где: U_f - результативный признак, в данном случае уровень подготовки Операторов аэродромов;

$f_1; f_2; f_3; f_4; f_5$ - факторные признаки, влияющие на изменение результативного признака;

$f_1(x_1, x_2, ...x_n,)$ - функция, зависящая от способности специалиста соответствовать требованиям стандартов и рекомендуемой практике;

$(x_1, x_2, ...x_n)$ - личностные качества, компетентность и нравственный потенциал, и т.д.);

$f_2(y_1, y_2, y_3, ..., y_m)$- функция изменения адаптационных способностей, творческого потенциала;

$(y_1, y_2, y_3, ..., y_m)$- творческие способности, интеллект, образование, профессиональная пригодность, и т.д.;

$f_3(z_1, z_2, z_3, ...z_k)$- функция, характеризующая мотивационные способности;

$(z_1, z_2, z_3, ..., z_k)$- интерес к результатам труда, материальные и социальные мотивы, призвание;

$f_4(q_1, q_2, q_3, ..., q_l)$ - функция, зависящая от реализации профессиональных способностей;

$(q_1, q_2, q_3, ..., q_l)$- стаж, квалификация, профессиональные компетенции и т.д.;

$f_5(k_1, k_2, k_3, ..., k_p)$- функция изменения качества профессиональных навыков и способностей;

$(k_1, k_2, k_3, ..., k_p)$- ошибки, несоблюдение требований стандартов; низкий уровень уверенности в сложных ситуациях, и т.д.

Таким образом, формулировка цели отражает требования, предъявляемые не только к профессиональным знаниям, навыкам и умениям конкретного авиаспециалиста, но и к его личностным качествам, умению адаптироваться к конкретной авиационной ситуации [1], [3].

Необходимо определить наилучшее сочетание факторов, обеспечивающих получение максимально высокого уровня компетентности специалиста, т.е. решить задачу максимизации выходной функции.

Вывод

Задачи по повышению безопасности полетов в зоне аэродрома включают в себя несколько направлений стратегического и оперативного характера. В связи с этим в работе предложен не традиционный подход к моделированию процесса мониторинга профессиональной пригодности кадров в сфере управления безопасностью полетов в зависимостей от факторов опасности в аэропортах на основе осуществления выбора наилучшего решения с использованием системы предпочтений.

Теоретическая и практическая ценность результатов исследования заключается:

- в дальнйшем развитии научно-методической базы подготовки специалистов, обеспечивающих безопасность полетов в зависимости от факторов опасности в зоне аэродрома;
- в определении условий перехода к новой методологии подготовки авиаперсонала будущего поколения.

Решение поставленных в исследовательской работе задач позволит в будущем получить научно-технический задел для разработки новых подходов к процессу профессиональной подготовке кадров в сфере управления безопасностью полетов и СМК в деятельности поставщика авиационных услуг, дальнейшего изучения факторов, влияющих на эффективность деятельности оператора аэропорта, реализации Системы управления безопасностью аэропорта.

Литература

1. *Большедворская, Л.Г.* Планирование и управление трудовыми ресурсами в гражданской авиации / Л.Г. Большедворская // Научный вестник МГТУ ГА. - 2010. - № 162. – С.168-171.

2. *Гузий А.Г., Рухлинский В.М.*. Системный подход к формированию облика перспективных транспортных самолетов. Материалы Всероссийской научно-технической конференции «VIII научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского» часть 2, ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2007, 62 с.

3. *Захаров, А.А.* Управление качеством учебного процесса профессионального образования на основе комплексных тестовых измерительных систем с использованием экспертных композиций: автореф. дис….д-ра тех. наук: 05.13.10 / Захаров Александр Александрович. – Саратов, 2004. – 35 с.
4. *Куклев, Е. А.* Автоматизированная система мониторинга и контроля полетов воздушных судов по критерию приемлемого риска на основе управления базами данных / Е.А. Куклев // Научный вестник МГТУ ГА - 2007. - № 122 (12) - С. 37-44.
5. *Рухлинский В.М., Чинючин Ю.М.* Многофакторная оптимизация методом случайного поиска. Научный вестник № 127. серия Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полетов. М. 2008, с. 102-107.
6. *Рухлинский, В.М.* Методология формирования обликовых эксплуатационно-технических характеристик высокоэффективных самолетов нового поколения: автореф. дис….д-ра техн.наук: 05.22.14 / Рухлинский Виктор Михайлович. – М., 2009. – 40 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Семенов С.С.
АО "Государственное научно-производственное предприятие "Регион"
Россия, 115230, Москва, Каширское шоссе, 13 "А"
gnppregion@sovintel.ru,
Полтавский А.В.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
ivbar@ipu.ru

Введение

Сегодня в мире наблюдается устойчивый интерес к развитию и совершенствованию авиационной беспилотной техники. Беспилотный летательный аппарат (БЛА) – это летательный аппарат (ЛА) многоразового или условно-многоразового использования, не имеющий на борту экипажа, способный самостоятельно и целенаправленно перемещаться в воздухе для выполнения различных функций в автономном режиме (с помощью собственной управляющей программы), а также посредством дистанционного управления (осуществляемого человеком-оператором со стационарного или мобильного пульта управления). БЛА дешевле пилотируемых самолётов и вертолётов, при этом подготовка оператора беспилотной системы обходится дешевле, чем подготовка лётчика, Отсутствие пилота позволяет исключить бортовые системы жизнеобеспечения, уменьшить массу и габариты БЛА, а также увеличить диапазон допустимых перегрузок и влияющих факторов. Большое значение имеет и фактор безопасности – потери беспилотных аппаратов не ведут к потере пилотов. Применение БЛА характеризуется также возможностью интеграции БЛА в единое информационное пространство ТВД. БЛА функционирует не абсолютно самостоятельно, а в составе комплекса БЛА (КБЛА). Такой комплекс называют беспилотной авиационной системой БАС (Unmanned Vehicle System – UVS). В БАС входит не только сам ЛА (аппараты), но также вся инфраструктура и средства обеспечения: транспортно-пусковое устройство, средства связи, наземный пункт управления, диспетчерские пункты, ретрансляционные узлы, станции подзарядки, средства транспорти-рования, запуска, посадки и т.д. На разработку и создание ударных комплексов БЛА (КБЛА) способны только ведущие в промышленном отношении страны мира. Лидирующее положение в мире по ударным БЛА занимают США, Израиль и Китай.

1 Роль концептуальных исследований при обосновании технического облика КБЛА

Технический облик БЛА – совокупность количественных и качественных показателей (характеристик, параметров, свойств), определяющих конструктивно-аэродинамическую схему ЛА, его силовую установку, состав и характеристики бортового оборудования и вооружения, обеспечивающая реализацию заданных тактико-технических требований [1]. Роль исследований при обосновании технического облика на ранних стадиях разработки КБЛА чрезвычайно важна и актуальна, так как именно здесь идет зарождение ожидаемых тактико-технических характеристики (ТТХ) БЛА. Исследования показали, что для авиационных комплексов важность принятия концептуальных решений составляет до 70% от их общего числа, при этом затраты находятся на уровне 2% от общих затрат по созданию комплекса [2].

Концептуальные вопросы создания и применения БЛА активно обсуждались в научно-технической литературе в 60-80-х годах XX в., когда СССР занимал передовые позиции в области создания БЛА. Роль ударных и разведывательно-ударных зарубежных и отечественных комплексов КБЛА в современных военных конфликтах, а также опыт разработки и соображения о концептуальных вопросах развития отечественных КБЛА, основные боевые задачи на ближнюю и среднюю перспективы, совокупность факторов (показателей), которые определяют облик перспективных КБЛА были рассмотрены в работах авторов в 2013 г. [3, 4].

При этом было показано, что разрабатываемая система КБЛА различного функционального предназначения изначально должна создаваться по "базовому" принципу, означающему, что на базе комплекса с БЛА одного функционального предназначения, например разведывательного, создаются комплексы других функциональных предназначений (ударные, истребители, постановщики помех, авиационные ложные цели, целеуказатели и корректировщики, ретрансляторы, воздушные мишени, патрулирование границ, маяки и др.).

Концептуальный анализ является одним из важных этапов системного анализа при создании сложных технических систем.

2 Структурный состав системных исследований при решении проблем по созданию КБЛА

Системный подход (СП) – это направление методологии комплексного научного познания исследования и проектирования сложных объектов, в основе которого комплексные системные исследования (СИ), системный анализ (СА) и системный синтез (СС) сложных объектов как систем [5, С. 11]. В данном случае в качестве сложных объектов выступает КБЛА. СП дает возможность алгоритмизировать процедуры проектирования, что способствует автоматизации процесса оптимального построения системы. Состав СИ при решении проблем по созданию и применению сложных организационно-технических систем, каким является КБЛА, содержит следующие этапы [5]: концептуальный, целевой и организационный анализ; функциональный анализ; структурный анализ; функционально-структурный (совместный) анализ; исторический (эволюционный) анализ; системный (функциональный и структурный) синтез; оценочный (критериальный) анализ. Перечисленные базовые этапы (или аспекты) СИ рекомендуется выполнять в приведенной последовательности и в полном составе при проектировании принципиально новой системы, а при совершенствовании (модернизации) существующих систем могут применяться только отдельные виды СИ.

3 Обоснование актуальности оценки технического уровня комплексов беспилотных летательных аппаратов

Многофункциональный КБЛА – это прежде всего боевой авиационный комплекс, с другой стороны – это сложная техническая система (СТС). Создание таких СТС, как КБЛА, связано с большими финансовыми, интеллектуальными и временными затратами и проблемами выбора наилучшего варианта реализации. Например, для ВМС США это – повестка дня. Чему отдать предпочтение в разработке: разведывательно-ударному БЛА или ударному БЛА? [6].

Одним из инструментов выбора рациональных путей развития беспилотных систем, в том числе БЛА и КБЛА, является предварительная оценка качества и технического уровня (ТУ) с учетом совокупности основных свойств на всех этапах жизненного цикла. В разработке КБЛА и БЛА – от планера до полезной нагрузки, – следует относиться, как к разработке дорогой и сложной системы. Проблема оценки качества и ТУ КБЛА требует очень высокого профессионального подхода многих специалистов. Здесь должны учитываться не только особенности функционирования всех составных частей, а также то, что и БЛА сам является элементом СТС более высокого порядка. Существует жесткая взаимосвязь между основными характеристиками БЛА (летно-техническими характеристиками, основными показателями функциональной и экономической эффективности, выживаемости, надежности и т.п.) и условиями их эксплуатации. Ввиду того, что технический облик подобных беспилотных систем только формируется, важным является использование совокупности последних достижений в области системного анализа, а также уровень знаний экспертов, получивших опыт при разработке аналогичных систем в авиации.

Ключевую роль при создании разведывательно-ударных и ударных КБЛА, особенно на первых этапах, является оценка технического уровня КБЛА, в особенности БЛА, по которому можно судить о его перспективности. В настоящее время предложены современные методы оценки ТУ СТС, в том числе БЛА, которые базируются на достижениях в области теории принятия решений с применением современных информационных технологий, при этом в основе методов лежат знания о значении

оценочных показателях. Собственно метод оценки технического уровня СТС с учетом функций ценности оценочных показателей БЛА [7] подробно рассмотрен в монографиях [8, 9] и в общедоступной форме изложен в статье [10]. В основу формирования оценочных (интегральных и единичных) показателей были положены основные ТТХ и сведения о КБЛА, сформированные по методам, изложенным в монографиях [11, 12]. Интегральные показатели КБЛА включают показатели: боевой, тактический, выживаемость, эксплуатационно-технический, экономический, надежность, технологический, время.

Заключение

В настоящий период времени проблеме принятия решений при разработке (модернизации) многофункциональных КБЛА как перспективных СТС уделяется больше внимание, особенно разведывательно-ударных и ударных КБЛА. Несмотря на их серийное производство обще-принятая концепция и методы раннего анализа таких сложных систем как КБЛА как за рубежом, так и в нашей стране, в идеологии их разработки: создавать или не создавать, а если создавать, то с какими ТТХ? – не сформированы. Поэтому, крайне целесообразным является рассмотрение методических подходов по формированию концепции создания КБЛА на раннем этапе с учетом тенденции их развития. Верное решение к этой проблеме следует искать на основе СП и использования методов СА и СС.

Одним из основных инструментов при определении технического облика ударных КБЛА предлагается его формирование по критерию оценки технического уровня, который базируется на знаниях о значении оценочных показателей.

На основании изложенного следует, что одним из главных направлений при создании КБЛА является комплексный подход к его проектированию и формированию технического облика.

Литература

1. *Барковский В.И., Скопец Г.М., Степанов В.Д*. Методология формирования технического облика экспортно-ориентированных авиационных комплексов. – М.: Физматлит, 2008. – 243 с.
2. *Желтов С.Ю.* Современное состояние и перспективы развития технологий моделирования авиационных комплексов // Юбилейная Всероссийская научно-техническая конференция
3. *Семенов С.С., Полтавский В.В., Бурба А.А., Аверкин А.Е., Полохов А.Н.* Роль разведы-вательно-ударных и ударных комплексов беспилотных летательных аппаратов в системе воружения ВВС и ВМС ведущих стран мира // Боеприпасы. – 2013. – № 1. – С. 54-63.
4. Семенов С.С., Полтавский А.В., Бурба А.А., Аверкин А.Е., Полохов А.Н. Концептуальные вопросы развития ударных комплексов беспилотных летательных аппаратов // Боеприпасы. – 2012. – № 3. – С. 26-44.
5. *Полтавский А.В., Маклаков В.В., Аверкин А.Е., Полохов А.Н., Бородуля В.М., Бурба А.А., Семенов С.С., Седых Ю.И.* Системные принципы создания и применения многоцелевых комплексов беспилотных летательных аппаратов. – М.: ИПУ РАН, 2010. – 102 с.
6. *Милованова Л.* ВМС США не могут решить, какой дрон перспективнее // Военно-промышленный курьер. – 2015. – № 22 (588). – 17–23 июня. – С. 6, 7.
7. *Семенов С.С., Полтавский А.В., Щербинин В.В.* К определению функций ценности единичных оценочных показателей при оценке технического уровня ударных комплексов беспилотных летательных аппаратов // Вопросы оборонной техники. – Серия 9. Специальные системы управления, следящие приводы и их элементы. – 2012. – № 5 (257). – С. 56-63.
8. *Семенов С. С., Харчев В. Н., Иоффин А. И*. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники. – М: Радио и связь, 2004. – 552 с.
9. *Семенов С.С., Щербинин В.В.* Оценка технического уровня систем наведения управляемых авиационных бомб. – М.: Машиностроение, 2015. – 326 с.
10. *Воронов Е.М., Щербинин В.В., Семенов С.С.* К оценке технического уровня сложных технических систем с учетом полного жизненного цикла // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6. – № 2 (20). – С. 173-192.
11. *Семенов С.С.* Оценка качества и технического уровня сложных систем: Практика применения метода экспертных оценок. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 352 с.
12. *Семенов С.С., Воронов Е.М., Полтавский А.В., Крянев А.В.* Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем". Под ред. д-ра техн. наук, проф. Е.Я.Рубиновича. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 520 с.

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

Серебрянский С.А., Барабанов А.В.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе д.4
1 s-s-alex@mail.ru 2barabanovav@outlook.com

Аннотация. В данной статье рассмотрен способ управления жизненным циклом изделия авиационной техники за счет оптимизации этапов внутреннего проектирования воздушных судов и минимизации рисков принятия ключевых технических решений на ранних этапах реализации проекта. В качестве примера такой оптимизации выбран процесс проектирования носовой части сверхзвукового самолета. Внедрение подхода к проектированию авиационной техники, описанного в текущей работе, во все направления разработки воздушных судов позволит сократить циклы проектирования принципиально новых изделий, существенно повысить точность прогнозирования результатов испытаний.

Ключевые слова: жизненный цикл изделия; оптимизация; проектные параметры; испытания; минимизация рисков; методика; комплексный критерий; алгоритм.

Введение

В современном мире технологии, окружающие нас во всех сферах жизнедеятельности, развиваются настолько быстро, что для занятия лидерских позиций отрасли необходимо не только максимально сокращать этапы разработки новых образцов техники, но и минимизировать риски при внедрении принципиально новых технических решений. Данный тренд наблюдается и при разработке авиационной техники военного и гражданского назначения. Основным требованием заказчика к новым образца авиационной техники в настоящий момент является получение в кратчайшие сроки (5-7 лет) принципиально новых серийных самолетов.

1 Жизненный цикл изделий авиационной техники

Основными этапами внутреннего проектирования, которые определяют основные применяемые технические решения являются инженерная записка и эскизно-технический проект. На данных этапах к разработке проекта подключено минимально необходимое число ресурсов при максимизации технических решений. По завершению данных этапов утверждается конфигурация воздушного судна, учитывающая все риски реализации программы. Обобщить вышесказанное можно построив график зависимости числа принимаемых технических решений и затрат из бюджета проекта от времени реализации проекта (рис. 1):

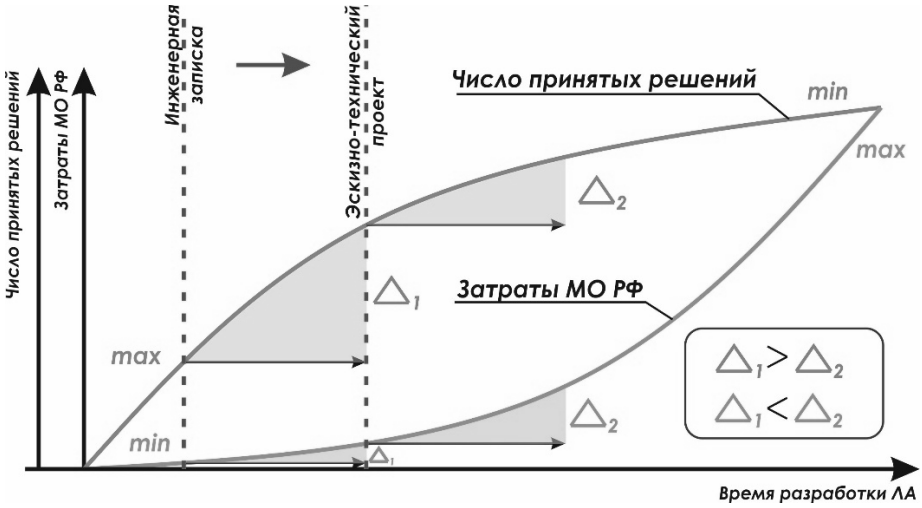


Рис. 1. Принятые технические решения и экономические затраты на этапах реализации проекта

Однако данные этапы имеют наибольшие технические риски, а ошибки в принятых технических решениях могут стать роковыми для дальнейшей судьбы проекта.

Чтобы наглядно иллюстрировать технические риски рассмотрим алгоритм формирования носовой части самолета, который состоит из следующих последовательных этапов (рис. 2):



Рис. 2. Алгоритм формирования носовой части самолета.

После завершения этапа формирования теоретических обводов носовой части самолета необходимо убедиться, что форма носового радиопрозрачного обтекателя антенны радиолокационной станции соответствует требованиям к радиотехническим и аэродинамическим характеристикам. Причем радиотехнические характеристики обтекателя в дальнейшем определят дальность обнаружения целей локатором, а аэродинамические характеристики определят максимальную скорость полета.

Таким образом, такая, казалось бы, незначительная вещь, как форма носовой части самолета может определять его ключевые характеристики боевого применения. Причем форма носовой части минимального сопротивления и форма максимальной радиопрозрачности вещи несовместимые и итоговая форма обтекателя будет компромиссным решением. При этом неправильно выбранная форма на данном этапе может привести к необходимости повтора целого цикла летных испытаний в случае ее изменения после постройки опытных натурных образцов.

2 Оптимизация жизненного цикла авиационной техники

Сокращения сроков ОКР можно добиться лишь оптимизацией цикла разработки авиационной техники по комплексному критерию верхнего уровня. Рассмотрим возможность такой оптимизации на примере уже упомянутой носовой части самолета и в частности на примере носового радиопрозрачного обтекателя (РПО).

Для оптимизации данного алгоритма необходимо:

Во-первых, в соответствии с [1] выбрать комплексный критерий оценки характеристик радиопрозрачного обтекателя БРЛС сверхзвукового самолета, как с точки зрения радиолокации, так и с точки зрения аэродинамики.

Во-вторых, выработать алгоритм проведения исследования, в рамках которого установить взаимосвязь между геометрическими характеристиками РПУ и его аэродинамическими и радиотехническими.

В-третьих, проанализировав результаты исследований можно сформировать технические рекомендации по выбору рациональных геометрических параметров. В качестве комплексного критерия верхнего уровня, проанализировав научно-технический задел в области исследования радиотехнических характеристик (РТХ) [2] и аэродинамических характеристик (АДХ) [3], [4], [5], можно принять отношение критерия первого уровня аэродинамических характеристик к критерию первого уровня радиотехнических характеристик.

Используя данный критерий необходимо провести исследование возможных геометрических параметров носового обтекателя и определить их рациональные значения для текущего ТТЗ. Для проведения исследования воспользуемся следующим алгоритмом (Рис. 3):



Рис. 3. Алгоритм выбора рациональных геометрических параметров РПО

Методика выбора рациональных геометрических параметров РПО, разработанная на основе вышеуказанного алгоритма позволит исключить ряд этапов проектирования РПО, указанных в схеме на рис. 3. Учитывая это, скорректируем алгоритм проектирования РПО (рис. 4):



Рис. 4. Скорректированный за счет комплексной методики алгоритм разработки РПО

Применение разрабатываемой методики позволит сократить цикл проектирования, а своевременная валидация данной методики позволит также сократить общее потребное число испытаний.

3 Вывод

Рассмотренный пример оптимизации наглядно иллюстрирует, что формирование комплексных методик приводит не только к сокращению сроков разработки новейших образцов авиационной техники, но и минимизирует технические риски на ранних этапах жизненного цикла изделия, существенно сокращая в итоге стоимость ОКР.

Литература

1. Вентцель Е.С., «Исследование операций», 2-е изд., М.: Наука, 1988 г.

2. Каплун В.А., Обтекатели антенн СВЧ (Радиотехнический расчет и проектирование). М., «Сов. Радио», 1974 [V.A. Kaplun, «Radar domes» (in Russian), Moscow: Sov. Radio, 1974];

3. Артамонова Л.Г., Кузнецов А.В., Песецкая Н.Н., «Поверочный расчет аэродинамических характеристик самолета», МАИ, 2010 г.

4. Бюшгенс Г.С., «Аэродинамика и динамика полета магистральных самолетов», изд. ЦАГИ, 1995 г. [G.S. Byushgens, «Aerodynamics and flight dynamics of trunk aircraft» (in Russian), TSAGI, 1995];

5. Бюшгенс Г.С., «Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов», Физматлит, 1998 г. [G.S. Byushgens, «Aerodynamics, stability and control of supersonic aircraft» (in Russian), Phismatlit, 1998].

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ПОЛЁТОМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКИПАЖЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Шевченко А.М., Павлов Б.В., Начинкина Г.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
anshev2@ipu.ru

Аннотация: Предлагается энергетический метод прогнозирования движения воздушного судна. Найдены алгоритмы расчета необходимой длины разбега воздушного судна для разгона до минимальной скорости устойчивого полета и набора высоты для пролета над высотным препятствием. Статистическое моделирование взлета пассажирского самолета в различных вариантах загрузки и центровки показало эффективность опережающего оповещения экипажа о возможности взлета.

Ключевые слова: Управление полетом, прогнозирование, энергетический подход.

Введение

Устойчивой тенденцией последних лет в организации пассажирских и транспортных перевозок стало уплотнение трафика и расширение допустимых погодных условий эксплуатации воздушных судов. В этой связи вопросы безопасности эксплуатации авиационной техники становятся все более острыми.

Из анализа отечественных [1-3] и зарубежных [4,5] исследований статистик авиационных происшествий за последнее десятилетие следует, что на наземные этапы взлета и посадки, как и во все предыдущие годы, приходится более половины всех аварий.

Поскольку управление полетом на этих этапах осуществляется под контролем или при непосредственном участии пилота, то становится очевидной высокая роль «человеческого фактора» в вопросах безопасности авиационных перевозок.

Вероятность неправильных или ошибочных действий пилота возрастает при нештатных ситуациях и при неполной информированности. В нашей работе предлагается методика оценивания текущего и прогнозирования будущего состояния ВС и оповещения пилота о характерных событиях на траектории взлета. Методологической основой разработок является энергетический подход к управлению полетом летательных аппаратов [6,7].

Полученные результаты имеют достаточно универсальный характер, они подтверждены большим объемом экспериментальных исследований

1 Краткое изложение энергетического подхода

С позиций энергетического подхода движение ЛА рассматривается в терминах его полной энергии и её составляющих – потенциальной и кинетической.

В самой общей форме динамика систем управления описывается уравнением вида: $\dot{X} = AX + BU.$

В традиционных системах управления с обратной связью управление U формируется на базе отклонений ΔX некоторого подмножества вектора переменных состояния X. $U = U(X, \Delta X).$

Функционал качества также выбирается в классе $Q_x = Q_x(U, X, \Delta X).$

Предложена концепция управления, в которой управляемой величиной является полная энергия движения $E = mgh + mV^2/2$. И тогда управление формируется как $U = U(E, \Delta E),$ а функционал качества задается в форме $Q_E = Q_E(U, E, \Delta E).$

В результате совместного решения динамических уравнений переносного движения в возмущенной атмосфере и уравнения полной энергии объекта для режимов движения на воздушных участках траектории полета в было получено уравнение баланса энергий

$$\Delta H_E = \Delta H_E^{\text{дв}} + \Delta H_E^D + \Delta H_E^w.$$

Однако, на режимах движения по ВПП возникают силы сопротивления со стороны опор шасси. Поэтому уравнение баланса энергий было обобщено на наземные режимы путем добавления члена $\Delta H_E^{\text{торм}} = \int_{t_1}^{t_2} V \mu dt,$, отражающего процесс поглощения энергии на преодоление механических сил торможения [8] $\Delta H_E = \Delta H_E^{\text{дв}} + \Delta H_E^D + \Delta H_E^{\text{торм}} + \Delta H_E^w.$ где μ - обобщенный нормированный коэффициент торможения

Полученное расширенное уравнение баланса энергий даёт возможность формулировать очевидные терминальне задачи при ограничениях на совокупность координат в терминах обобщенной характеристики движения - полной энергии объекта.

2 Метод прогнозирования безопасного пролета над препятствием

Схематично траектория и ограничения на взлете показаны на рис.1.

В момент пролета над препятствием самолет должен иметь скорость не ниже минимальной скорости устойчивого горизонтального полета V2, известной для каждого типа самолетов. Таким образом, полная энергия движения в момент преодоления препятствия $E_{Hпреп}$ должна содержать необходимый минимум кинетической составляющей и запас потенциальной составляющей, которая и определяют достижимую высоту Нпр пролета над препятствием:

$$E_{Hпреп} = m\frac{V2^2}{2} + mgH_{преп} \qquad (1)$$

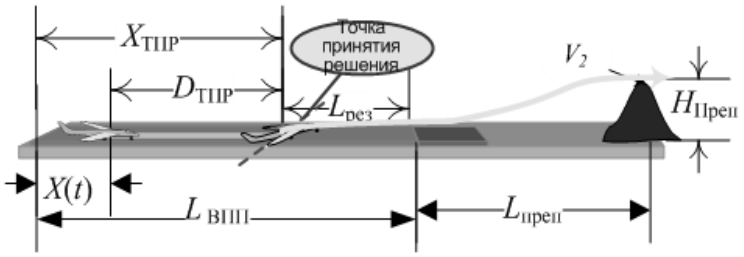


Рис. 1 Координаты характерных точек на взлете

Величина полной накопленной энергии складывается из текущих кинетической и потенциальной составляющих и работы всех внешних сил F_i на траектории маневра. Траектория подлета к препятствию включает наземный и воздушный участки, общей длиной S. Тогда спрогнозированная накопленная энергия на пути:

$$E(t)_{прог} = m\frac{V(t)^2}{2} + mgh(t) + S\sum_i F_i(t)\ , \qquad (2)$$

Выражая сумму всех внешних сил через измеряемую перегрузку $\sum_i F_i = ma(t) = mgn_x(t)$ и приравнивая выражения для необходимой (1) и прогнозной (2) энергий, можно найти длину впередилежащего участка траектории, необходимого для накопления недостающей полной энергии:

$$D_{ТПР}(t) = \left(g\left(H_{преп} - h(t)\right) + 0.5\left(V_2^2 - V(t)^2\right)\right)\Big/ gn_x(t) - L_{преп}$$

Заметим, что это выражение инвариантно относительно массы. В точке траектории, где прогнозируемая длина этого участка обнуляется, прогнозная величина энергии будет достаточной для пролета над препятствием с требуемой скоростью. Эта точка названа точкой принятия решения (ТПР) о безопасном взлете: $X_{ТПР} = x(t)\big|_{D=0}$. Координата этой точки вычисляется просто:

$$X_{ТПР}(t) = X(t) + D_{ТПР}(t)$$

В отличие от методики взлета, предписываемой руководствами по летной эксплуатации, метод прогнозирования полной энергии указывает на возможность взлета не в момент достижения скорости принятия решения, а намного раньше и в координатах дальности, привязанных к взлетной полосе.

Для повышения ситуативной осведомленности весьма полезным считается знание запаса, или резерва, дальности до обреза взлетной полосы в точке принятия решения. Величина резерва также прогнозируется в процессе разбега:

$$L_{рез}(t) = L_{ВПП} - X(t) - D_{ТПР}(t)$$

Метод прогнозирования на основе энергетического подхода позволил получить прогнозную оценку еще одной характерной точки на траектории разбега. В нештатных ситуациях пилот должен оценивать не только возможность продолжения взлета, но и положение самолета на полосе, в котором можно начинать подъем передней стойки. Длина дистанции от текущего положения самолета до достижения скорости подъема вычисляется по формуле:

$$D_{V_r}(t) = \left(V_2^2 - V^2(t)\right)\Big/ 2gn(t)$$

Объективная оценка этой дальности, в отличие от интуитивной, улучшает ситуативную осведомленность пилота и снижает предпосылки для ошибочных действий.

Отличительной особенностью энергетического метода прогнозирования является то, что в текущем прогнозе учитывается полная энергия, приобретаемая самолетом на воздушном сегменте за пределами наземного участка. Соотношение энергий на наземном и воздушном сегментах представлено на рис.2.

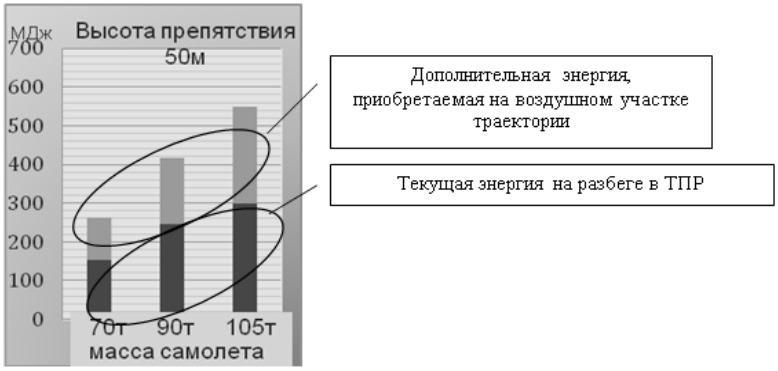


Рис. 2 Доли энергии на наземном и воздушном участках

В следующей таблице 1. приведены координаты точек принятия решения, рассчитанные по прогнозу $\boldsymbol{X_{V1_}^{прогн}}$ и координаты точек, в которых фактически достигается скорость принятия решения $\boldsymbol{X_{V1_}^{факт}}$ для самолета с взлетной массой 70 т, 90 т и 105 т.

Таблица 1. Сравнение прогнозных и реальных координат

Масса, *m*	V1, км/ч	$X_{V1_}^{факт}$, м	$X_{V1_}^{прогн}$, м	Опереж.,м	V_r, км/ч	X_{Vr}, м
70	204	515	153	362	210	547
90	220	764	508	256	228	825
105	238	1095	837	258	245	1203

Динамический расчет текущей энергии и сопоставление её с требуемой терминальной позволяет спрогнозировать возможность принятия решения о достижимости конечного состояния с опережением относительно скорости принятия решения, предписываемой руководствами по летной эксплуатации.

Литература

1. *Глубокая М.Г.* Бортовая система поддержки принятия решений на этапе взлёта пассажирского самолёта. // Техника воздушного флота, т. LXXXII, №1 (690), 2008 – С. 21–30.
2. *Никифоров С.П.* Бортовая система контроля разбега – эффективное средство повышения безопасности взлётов транспортных самолётов // Техника воздушного флота. – 2002. № 3–4, С.47-54.
3. *Кофман В.Д., Полтавец В.А., Теймуразов Р.А.* Сравнительный анализ безопасности полетов отечественных и зарубежных самолетов. //Транспортная безопасность и технологии. № 4(5), декабрь 2005.
4. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents. Worldwide Operations 1959 – 2017. October 2018 // *http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf*.
5. Accidents statistics// http://www.planecrashinfo.com/cause.
6. *Борисов В.Г., Начинкина Г.Н., Шевченко А.М.* Энергетический подход к управлению полетом. М., «Автоматика и телемеханика» № 6, 1999. С. 59-70.
7. *Kurdjukov A.P., Nachinkina G.N., Shevtchenko A.M.* Energy approach to flight control. / AIAA Conf. Navigation, Guidance & Control. AAIA Paper 98–4211. Boston, 1998.
8. *A.Kuznetsov, A.Shevchenko, Ju. Solonnikov.* The Methods of Forecasting Some Events During the Aircraft Takeoff and Landing, //19th IFAC Symposium on Automatic Control in Aerospace (ACA2013).Germany.2013. Proceengs, pp.183-187.

СЕКЦИЯ 10: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ, ГОРОДСКИХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ СИСТЕМ

УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОТРАСЛЕЙ[88]

Антонова Н.Е., Бардаль А.Б.

Институт экономических исследований ДВО РАН,
Россия, г. Хабаровск ,ул. Тихоокеанская д.153
antonova@ecrin.ru; Bardal@ecrin.ru

Аннотация: Функциональное управление региональной экономической системой представляет управление отраслевыми комплексами. Методы измерения взаимодействия лесного и транспортного комплексов включают оценку: влияния лесного комплекса на показатели транспорта; влияния транспорта на размещение лесопромышленного производства; внешних эффектов для выработки управляющих решений по их интернализации.

Ключевые слова: управление региональной экономической системой, регионы, транспортный комплекс, лесной комплекс, методы измерения отраслевых взаимодействий.

Введение

Региональную экономическую систему можно рассматривать как субнациональное экономическое пространство, компоненты которого представляют собой отдельные сектора экономики (энергетика, транспорт, ресурсный сектор экономики) и являются критически важными с точки зрения пространственной организации экономики [1]. Взаимодействие этих секторов формирует прямые и обратные связи, управление которыми позволяет обеспечить достижение цели комплексного развития всей региональной экономической системы. Для обеспечения методологической основы построения системы управления региональной экономикой необходимо измерение взаимодействий секторов.

Цель статьи – рассмотреть методы измерения взаимодействий отраслей на примере транспортного и лесного комплексов как часть процесса управления региональной экономической системой.

1 Методы измерения взаимодействий транспортного и лесного комплексов

Методы измерения взаимодействий отдельных отраслей являются важным полем научных исследований, в том числе для обоснования инструментов управления отраслевым сегментом региональной экономической системы.

Так, в Институте экономических исследований ДВО РАН была предпринята попытка измерить импульс, исходящий от отраслей ресурсного сектора, в т.ч. лесозаготовительной и деревоперерабатывающей отраслей, к другим видам экономической деятельности Хабаровского края, в т.ч. транспортной отрасли [2]. Для этого были проведены модельные расчеты с использованием метода матриц социальных счетов: на базе балансовой модели были рассчитаны мультипликаторы, характеризующие роль отраслей ресурсного сектора в трансляции импульсов по системе структурных связей, посчитаны продуцируемые прямые и косвенные эффекты. На основе декомпозиции полученных мультипликаторов были оценены структурные взаимосвязи каждой ресурсной отрасли с другими элементами региональной экономической системы.

Виды деятельности, наиболее чувствительные к импульсам от лесозаготовительной отрасли – строительство, транспорт, торговля, нефтепереработка. При этом в транспорте оказалась высока роль прямого влияния роста лесозаготовок на объемы выпуска, это связано с тем, что лесозаготовки являются потребителями услуг транспортных отраслей, затраты на которые занимают значимую долю в себестоимости продукции лесозаготовки. Причем в вид деятельности «строительство» входит строительство лесовозных дорог, что также можно отнести к транспортному комплексу как создание инфраструктуры.

Влияние транспортного фактора на лесной комплекс обусловливается следующими обстоятельствами. Производимая лесопромышленными предприятиями продукция является материалоемкой, то есть имеющей значительные объем и вес, что существенно влияет на долю

[88] *Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-010-00312 «Исследование взаимообусловленного влияния лесного и транспортного комплексов на фоне институциональных изменений»*

транспортных затрат в структуре издержек ее производства. Это усиливает зависимость от транспортного фактора. Но с каждым последующим переделом удельный объем продукции (то есть показатель объема на единицу стоимости продукции) снижается, что приводит к снижению удельных транспортных затрат в общей структуре издержек. Следовательно, производство продукции с более высокой добавленной стоимостью должно ослабевать зависимость от транспортного фактора. Поэтому стимулирование со стороны государства технологического развития лесного комплекса теоретически должно встречать заинтересованность со стороны лесопользователей, но фактически это происходит не всегда.

Одним из методов измерения влияния транспортного фактора на размещение лесопромышленного производства по регионам страны является оригинальный подход, предложенный А.С. Шейнгаузом [3]. Суть подхода заключалась в моделировании трансекта различных показателей производства лесопромышленной продукции через территорию России за определенный период. За основу трансекта была принята Транссибирская железная дорога, дополненная Северной железной дорогой, вдоль которых расположены основные лесные регионы России. Таким образом, трансект прошел от Архангельска до Владивостока и охватил все выходящие на эти магистрали субъекты РФ.

На основе этого подхода нами были проведены расчеты и выполнен анализ динамики удельного веса лесопромышленной продукции в 1990, 2000 и 2017 г., приходящегося на регионы, расположенные вдоль трансекта. Рассматривались 17 регионов, тяготеющих к двум железнодорожным магистралям и два вида лесопромышленной продукции: необработанная древесина и пиломатериалы, поскольку только эти виды продукции являлись массовыми и выпускались в большинстве регионов страны на всем протяжении исследуемого периода, что позволило построить по ним статистические ряды (табл. 1).

Таблица 1. Динамика доли регионов, расположенных вдоль трансекта «Архангельск-Владивосток» в производстве необработанной древесины и пиломатериалов 1990-2017 гг.

Территория, показатель	**Производство необработанной древесины**			**Производство пиломатериалов**		
	1990	**2000**	**2017**	**1990**	**2000**	**2017**
Российская Федерация, млн $м^3$	303,8	94,8	139,8	75,0	20,0	25,1
Доля регионов, расположенных вдоль трансекта, в общероссийском производстве, %	61,0	65,1	72,3	59,1	56,7	69,1

Источник: рассчитано на основе данных Росстата (URL: http://www.gks.ru), Мультистата (URL: http://www.multistat.ru).

За исследуемый период в России произошло сокращение производства обоих видов лесопромышленной продукции: необработанной древесины в 2,2 раза, пиломатериалов в 3 раза. Проводимая государственная политика по увеличению производства продукции деревопереработки способствовала лишь небольшому приросту к 2017 г. величины показателя производства пиломатериалов. За 1990-2017 гг. произошло смещение производств обоих видов лесопромышленной продукции в регионы, тяготеющие к железнодорожным магистралям.

По производству необработанной древесины прирост доли регионов в зоне трансекта происходил по всем рассмотренным годам и составил к 2017 г. 11,3 процента по сравнению с 1990 г. По производству пиломатериалам к 2017 г. показатель удельного веса производства в регионах трансекта стремительно вырос. В целом за период с 1990 по 2017 г. этот рост составил 10%.

Таким образом, анализ показывает, что на относительно большом временном отрезке транспортный фактор усилил свою роль в определении размещения лесопромышленных производств в регионах России. Это необходимо принимать во внимание при формировании регионального раздела стратегических документов развития лесного комплекса. Однако в существующей «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» региональный раздел учитывает только размещение производства по федеральным округам без привязки к транспортной системе.

2 Внешние эффекты взаимодействий транспортного и лесного комплексов

Еще одним аспектом взаимодействия транспортного и лесного комплексов является феномен генерируемых при этом внешних эффектов (экстерналий). Возникновение последних в экономической теории связывают с положительным либо отрицательным воздействием на субъекты

экономики, непосредственно не участвующие в конкретных рыночных сделках, не отражающиеся в цене и искажающих экономическое поведение (в части объемов производства и распределения ресурсов). Искажающее поведение проявляется в недооценке (если внешние эффекты положительные) либо переоценке (отрицательные экстерналии) роли транспортной инфраструктуры. В качестве примера можно привести экстерналии, возникающие при взаимодействии лесной и транспортной отраслей на Дальнем Востоке. При создании сети лесовозных дорог компаниями-лесозаготовителями возникают положительные экстерналии для жителей и производителей близлежащих поселений. Инвестиции лесозаготовительных компаний в дорожную сеть (около 10 млн руб. на строительство и 700 тыс. руб. на поддержание 1 км дорог) при этом позволяют повысить мобильность населения и хозяйствующих субъектов.

Негативные экстерналии связаны с тем, что лесозаготовители в процессе деятельности большегрузными лесовозами приводят автомобильные дороги в непригодное для проезда жителей данной территории состояние. Например, в 2018 г. население района Полины Осипенко (Хабаровский край) потеряли возможность наземной транспортной связи с другими территориями вследствие разрушения автомобильной дороги лесозаготовителями. Всего за 2017 г. на восстановление дорог, разрушенных по вине лесозаготовительных компаний из бюджета Хабаровского края потрачено более 1 млрд руб.

Включение внешних издержек во внутренние издержки источника экстерналий относится к функциям государственного регулирования, поскольку рыночные механизмы не в состоянии автоматически превратить внешние эффекты в частные издержки и выгоды. Например, в случае взаимодействия лесного и транспортного комплексов регулирование экстерналий со стороны государства состоит в фиксации нарушений правил заготовки и транспортировки древесины и наложение штрафных санкций на лесозаготовительные компании.

Заключение

Управление отраслями экономики составляет сущность функционального управления региональной экономической системой. Рассмотренные в данной статье и применяемые в эмпирических исследованиях методы измерения взаимодействия лесного и транспортного комплексов на региональном уровне включают три составных части: измерения влияния лесного комплекса на объемные показатели транспортного комплекса, измерения влияния транспортного фактора на размещение лесопромышленного производства по регионам.

Важным направлением дальнейшего развития методов взаимодействия рассмотренных отраслей является измерение генерируемых при этом внешних эффектов с целью выработки управляющих решений для их интернализации.

Литература

1. *Минакир П.А.* Экономический анализ и измерения в пространстве // Пространственная экономика. 2014. №1. – С. 12-39.

2. *Антонова Н.Е., Дёмина О.В., Захарченко Н.Г., Ломакина Н.В., Сухомиров Г.И.* Оценка роли ресурсного сектора в экономике региона: пример Хабаровского края // Регионалистика. 2014. Т. 1. № 2. – С. 42-70.

3. *Шейнгауз А.С., Антонова Н.Е.* Территориальные пропорции развития лесного комплекса / в кн.: Пространственные трансформации в российской экономике. – М.: Экономика. 2002. – С.342-356.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СУБСИДИЙ ПРЕДПРИЯТИЯМ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Бондаренко Ю.В., Азарнова Т.В., Каширина И.Л.
Воронежский государственный университет, 394018,
Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
bond.julia@mail.ru,
Свиридова Т.А.
Воронежский государственный технический университет, 394026,
Россия, г. Воронеж, Московский пр-т, д. 14
cviridova81@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена вопросам совершенствования механизмов распределения государственных субсидий на региональном уровне в направлении повышения обоснованности принимаемых решений. Приведена постановка задачи распределения субсидии и алгоритм ее решения. Основу алгоритма составляют математические модели, описывающие процессы рационального распределения собственных и субсидированных средств руководством предприятий.

Ключевые слова: субсидия, регион, предприятие, управление, математические модели

Введение

Формирование достойных условий жизни населения является одной из важнейших стратегических целей развития любого территориального образования. Успешное ее достижение предполагает преодоление целого ряда социально-экономических проблем. Значительная часть этих проблем имеет не только социальную, но и экономическую основу. Следовательно, их решение следует искать на пути формирования эффективных механизмов взаимодействия органов власти с предприятиями региона. Инструментом мотивации руководства предприятий к активному участию в решении актуальных для региона проблем может служить государственная поддержка. Одной из распространенных в мировой практике форм поддержки является субсидирование ([1]-[2]).

Анализируя сложившиеся механизмы распределения субсидий в регионах, можно отметить, что в большинстве из них выбор формулы расчета субсидии и значений ее параметров формируется на основе субъективного мнения экспертов. Исследователи отмечают недостаточную обоснованность принимаемых решений, высокую степень субъективности, возможность манипуляции информацией, отсутствие учета индивидуальных особенностей предприятий [3]. В силу этого, разработка научно обоснованных подходов к совершенствованию порядка предоставления субсидий в направлении повышения их объективности и результативности, является актуальной задачей.

Целью настоящего исследования является разработка алгоритма распределения субсидии, позволяющего оказать поддержку администрации региона в формировании порядка предоставления финансовой поддержки. Основу алгоритма составляют математические модели и методы, позволяющие: на основе доступной статистической информации оценить влияние допустимых вариантов распределения субсидии на показатели экономической деятельности каждого предприятия; оценить влияние каждого из допустимых вариантов распределения субсидий на показатели развития региона; осуществить обоснованный выбор правила распределения субсидий. В основе предлагаемого подхода лежат общие согласования социальных и экономических показателей развития региона, описанные в статье [4].

1 Основная часть

Для формализованного описания задачи распределения субсидий рассмотрим подсистему социально-экономической системы региона, состоящую из следующих элементов: предприятия региона, осуществляющие экономическую деятельность на его территории; управляющий центр региона.

С каждым предприятием будем отождествлять субъект управления (руководство предприятия), заинтересованный в получении максимальной прибыли в условиях конкретного региона. Управляющий центр региона – региональные органы власти (администрация региона), решающие стратегические и тактические задачи выбора такого направления развития региона, которое бы обеспечивало достижение приемлемых условий и качества жизни населения. Наиболее актуальные показатели социально-экономического состояния и развития региона определены в стратегии и программах развития как целевые индикаторы. Для каждого целевого индикатора управляющим центром установлены плановые значения.

Успешность достижения каждым из индикаторов установленных администрацией значений зависит от различных факторов. Полагаем, что в целях достижения такими показателями плановых значений органами государственной власти принято решение о предоставлении данной категории предприятий финансовой государственной поддержки в форме субсидии.

Для каждой субсидии региональные органы власти определяют показатели результативности ее получателей и устанавливают их плановые значения. Субсидия выплачивается предприятиям в начале года, а достигнутые результаты анализируются в его конце.

Введем следующие обозначения: B – размер бюджетных ассигнований, выделенных на субсидию в текущем финансовом периоде (году) в размере B^f из федерального бюджета и B^r из бюджета области, $B = B^f + B^r$; M – численность предприятий, удовлетворяющих условиям получения субсидии $(m = 1,...,M)$; $\overline{R}$ – множество социальных и экономических показателей развития региона, зависящих от результатов экономической деятельности предприятий; $\left(s^m\right)^0 = \left(\left(s_1^m\right)^0, \left(s_2^m\right)^0, \ldots, \left(s_N^m\right)^0\right)$ - показатели экономической деятельности предприятия m за последний отчетный период, значения которых доступны администрации из статистической и бухгалтерской отчетности.

Распределение субсидий хозяйствующим субъектам региона происходит по некоторым правилам, формулам расчета (распределения). Каждое правило будем рассматривать как отображение, аргументами которого являются показатели деятельности предприятий, а значение – неотрицательное число – размер предоставляемой субсидии. Варианты правил могут различаться как видом формул, так и значениями входящих в них параметров.

В самом простом случае правило расчета субсидий имеет форму линейной зависимости

(1) $$F(s) = (\alpha_f + \alpha_r) \cdot s,$$

где s – показатель экономической деятельности предприятия, выбранный для расчета субсидии, α_f, α_r – параметры правила (соответственно, размеры ставок субсидии из федерального и областного бюджетов на единицу показателя экономической деятельности).

В общем случае будем считать, что администрацией региона сформулирован набор H правил расчета субсидии, который обозначим через Γ:

(2) $$\Gamma = \{F_1(s_1,...,s_N), \ldots, F_H(s_1,...,s_N)\}.$$

Размер поддержки B_h^m, которую получит согласно правилу F_h предприятие с индексом m, зависит от значений показателей его экономической деятельности за последний отчетный период:

(3) $$B_h^m = F_h\left(\left(s_1^m\right)^0, \ldots, \left(s_N^m\right)^0\right).$$

Естественно считать, что каждое из правил распределения субсидии является допустимым по бюджету. Это означает, что суммарный объем выплат субсидии не превышает объема выделенных бюджетных ассигнований:

(4) $$\sum_{m=1}^{M} B_h^m \le B.$$

Различные правила расчета субсидий оказывают различное влияние на показатели деятельности предприятий региона, а следовательно, на показатели социального и экономического развития региона. Задача региональных органов власти - формирование такого допустимого по бюджету правила расчета субсидии $F^* \in \Gamma$, распределение средств согласно которому способно обеспечить максимальное приближение показателей развития региона к плановым значениям.

Описанную выше задачу будем называть задачей распределения субсидий. Решение столь актуальной для современного управления задачи мы предлагаем осуществлять посредством реализации алгоритма формирования распределения субсидии предприятиям региона, включающего семь основных этапов.

Алгоритм распределения субсидии предприятиям региона

Этап 1. Уточнение множества социальных и экономических показателей, зависящих от результатов деятельности получателей субсидии, формирование множества $\overline{R}$. Определение допустимых отклонений показателей от плановых значений.

Этап 2. Формирование множества правил расчета субсидии (1), различающихся формулами и значениями параметров.

Этап 3. Оценка результатов экономической деятельности предприятий, получивших поддержку согласно каждому из правил расчета. Данный этап осуществляется на основе решения оптимизационной задачи распределения финансовых средств руководством предприятий.

Этап 4. Оценка изменения выбранных показателей программы развития региона для каждого варианта расчета субсидии.

Этап 5. Формирование интегрального показателя сравнения правил и выбора наилучшего. Расчет значения интегрального показателя для каждого варианта распределения.

Этап 6. Выбор правила расчета поддержки, обеспечивающего наибольшее значение интегрального показателя.

Этап 7. Определение плановых значений показателей результативности каждого получателя субсидии.

В докладе предлагается рассмотреть конкретизацию модели этапа 3 и детализацию шагов алгоритма.

Практическая реализация этапов алгоритма проводилась на основе программного продукта, реализованного на языке C#. В качестве одного из примеров рассматривается субсидия из областного бюджета Воронежской области сельскохозяйственным товаропроизводителям (кроме граждан, ведущих личное подсобное хозяйство, и крестьянских (фермерских) хозяйств), на возмещение части затрат по выполнению мероприятий, направленных на предупреждение возникновения и распространения африканской чумы свиней. Правительством Воронежской области определен следующий порядок расчета субсидии:

(5) $$F = \alpha \cdot y,$$

где F – размер субсидии получателю субсидии (руб.); α – ставка субсидии; y – размер реализованной свинины получателем субсидии (по результатам 2016 года).

Утвержденная правительством Воронежской области ставка субсидии на 2017 год составляет $\alpha = 674$ руб./ тонна. Расчетное значение ставки субсидии по алгоритму составило 550 руб./тонна. Показано, что снижение утвержденной ставки субсидии делает ее доступной для мелких производителей, что повышает интегральный показатель развития региона.

Заключение

Представлен подход к формированию поддержки распределения субсидий предприятиям на региональном уровне, основанный на математических моделях и методах. Проведенные вычислительные эксперименты подтвердили необходимость и возможность совершенствования действующих механизмов распределения субсидий в российских регионах в направлении повышения их обоснованности и объективности. Обсуждение с сотрудниками администрации региона предлагаемого подхода и результатов программных расчетов позволили сделать вывод о его практической значимости.

Литература

1. *Barry K.Goodwin, Ashok K.* Mishra, Francois Ortalomagne. ”The Buck Stops Where? The Distribution of Agricultural Subsidies.” URL http://www/nber.org/papers/w16693
2. *Якушев А.А.* Совершенствование государственного механизма финансовой поддержки предприятий малого бизнеса на основе вероятностной модели классификации // European Social Science Journal. – 2016. – № 6. – С. 89-101.
3. *Мазлоев В.З, Кцоев А.Б.* Механизм государственной поддерки: стимулы и ограничения в системе распределения субсидий // Агропродовольственная политика России. – 2012. – № 2. – С.61-67.
4. *Горошко И.В., Бондаренко Ю.В.* Согласование социальных и экономических показателей развития региона: понятие и механизмы // Проблемы управления. – 2015. – № 1. – С. 63-72.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИКЕ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПЕРЕХОДА К ПРОЕКТНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕГАСИСТЕМОЙ

Виноградов А.Н.

Кольский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», Россия, Мурманская обл., г. Апатиты, мкр. Академгородок, д. 37А

vinonord@mail.ru

Аннотация: В докладе аргументирована необходимость перехода от мультиагентных корпоративных и ведомственных систем обеспечения промышленной безопасности и контроля экологической стабильности в Арктике к централизованной государственной системе управления безопасностью хозяйственной и оборонной деятельности, основанной на принципах проектного управления арктической техносферой как единой мегасистемой.

Ключевые слова: Арктика, техносфера, промышленная безопасность, экологическая стабильность, проектное управление.

Начало XXI века является историческим рубежом, на котором резко изменился стиль природопользования в Арктике; от доминировавшего тысячи лет натурального хозяйства, гармонично сбалансированного со средой обитания, с локальными остроками индустриальных агломераций среднего масштаба Россия перешла к строительству гигантских инженерно-технических комплексов, служащих центральными ядрами природно-технических систем мегакласса [1]. Провозвестниками новой эпохи стали морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) «Приразломная» с общей массой боле 650 000 тонн, установленная на шельфе Печорского моря в 2011 году, завод по сжижению газа «Ямал СПГ» в пос. Сабетта (Ямало-Ненецкий автономный округ) и связывающий этот комплекс с мировыми рынками флот супертанкеров-газовозов серии «ЯМАЛМАКС» дедвейтом более 150 000 тонн, выведенный на трансарктические коммуникации в 2017 году. К сожалению, указанные рекордные достижения частных корпораций-операторов, лидирующих в развитии арктической техносферы, не сопровождались адекватными мерами по выполнению принципиальных установок системного подхода к природпользованию в Арктике, согласно которым расширение масштабов хозяйственной деятельности в Арктике можно осуществлять только с непременным соблюдением «экологического императива», то есть с гарантированным обеспечением экологической стабильности среды обитания [2]. В хозяйственной политике корпораций-лидеров проявлется стремление приступать к осуществлению крупных технических проектов без достаточной научной проработки всех аспектов их будущего взаимодействия с природными компонентами арктических экосистем. Такой подход таит в себе угрозу катастрофических последствий, ущерб от которых может существенно перевесить «сверхдоходы», полученные в результате «экономии» затрат на проведение научных исследований и инженерно-геологических изысканий, а также на организацию постоянного мониторинга состояния природно-технических комплексов в период их эксплуатации. В Арктике риски нарушения стабильности среды обитания в зонах промышленного освоения особенно велики не только из-за повышенной уязвимости местных экоценозов, но и вследствие низкого уровня знаний о специфике арктических геофизических и геомеханических условий в недрах криолитосферы, с которыми человечество еще не сталкивалось при индустриализации территорий в средних широтах.

В ряду слабо изученных факторов риска на первое место можно поставить опасные флюидодинамические явления, связанные с деструкцией субаквальных горизонтов арктической криолитосферы и с наличием в ее составе особого типа мерзлых грунтов, насыщенных газогидратами метана и его гомологов. Повсеместное распространение на арктическом шельфе этой группы природных опасностей было выявлено только в начале XXI века, поэтому разработка методов контроля динамических параметров природной среды (в первую очередь – грунтовых оснований, на которых формируются природно-технические комплексы «техносферы») в настоящее время все еще находится в зачаточном состоянии. Для разработки реалистичных и адекватных мер профилактики рисков необходима целевая государственная поддержка научных исследований, направленных на исследование масштабов и механизмов разрушения криолитосферы под воздействием потепления климата и роста техногенного стресса. Применительно к задачам освоения Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), сформулированным в утвержденной в 2013 году национальной Стратегии развития АЗРФ, Российская академия выполнила обобщение и систематизацию мирового опыт рационального природопользования в Арктике, накопленного к концу XX века, и отразила его в

серии фундаментальных монографий, вышедших в свет в 2010-2016 годы[3, 4]. Однако при скачкообразном переходе к эпохе строительства природно-технических комплексов мегакласса прошлого опыта оказалось недостаточно, возникла неотложная потребность учета неизвестных ранее факторов [5]. Откликаясь на возникшую потребность ускорить формирование научного обеспечения промышленной и экологической безопасности в быстро растущем нефтегазовом секторе АЗРФ, Академия наук в 2018 году выступила с инициативой образовать межведомственный исследовательский консорциум с участием Минобрнауки России, Роскосмоса, Росгидромета и РАН для выполнения 2019-2021 г.г. целевого мегапроекта «Взаимодействие литосферы, криосферы и атмосферы в Арктике в контексте изучения геодинамических и флюидогазодинамических процессов с использованием сети береговых и донных сейсмических станций и сейсмоинфразвуковых комплексов, а также аэрокосмического мониторинга».

В рамках указанного проекта предлагается безотлагательно развернуть проблемно-ориентированные научные исследования по геомеханике и нелинейным физическим свойствам наименее изученного компонента криолитосферы - мерзлых грунтов, насыщенных газогидратами (не выделявшийся ранее тип «ГСГГ»), ибо без этого невозможно осуществлять инженерно-технические расчеты оснований мегасооружений и подземных объектов с повышенным уровнем требований к долговременной стрессоустойчивости и экологической безопасности. Второй важнейшей задачей мегапроекта должно стать формирование в АЗРФ региональной системы геофизического мониторинга недр на основе инновационных наземно-донных сейсмоакустических сетей, способных надежно отслеживать проявления опасных флюидодинамических процессов, вызываемых техногенным стрессом и климатическими изменениями в грунтовых основаниях инженерных объектов мегаразмерного класса, создаваемых на лицензионных площадях нефтегазовых и угольных бассейнов АЗРФ. Темпы развития научных основ геомеханики ГСГГ и формирования сетей геофизического мониторинга должны опережать темпы строительства природно-технических комплексов, имеющих повышенный уровень риска аварий с катастрофическими последствиями для арктических экосистем или с экстремально большим экономическим ущербом. В развитии средств и методов для выявления ГСГГ и оценки их влияния на безопасность арктических природно-технических систем наметилось заметное отставание России от потенциальных конкурентов по освоению Арктики. В действующих в России СНиП отсутствуют регламентации требований по оценке насыщенности грунтов газогидратами и учету их влияния на надежность оснований мегасооружений. Более того, даже в научных работах поискового характера, посвященных обоснованию безопасных способов строительства в Арктике инженерных сооружений повышенной надежности (подземных атомных станций, хранилищ радиоактивных отходов, мегамасштабных нефтегазовых промыслов и т.п.) проблемы влияния ГСГГ на их долговременную стабильность не рассматриваются, а прогнозные оценки техногенного воздействия на ММП основываются на традиционных геомеханических и теплофизических моделях. Во многом эта неблагоприятная ситуация связана с тем, что вплоть до последнего времени в России отсутствовали эффективные технические и технологические средства для выявления и отслеживания газогидратных слоев в процессе геологоразведочных работ, поэтому наличие газогидратов в недрах осваиваемых нефтегазовых полей АЗРФ осуществляется только по геофизическому каротажу скважин, при этом разрешающая способность применяемых методов уступает на порядок уровню, достигнутому норвежскими сейсморазведчиками еще в 2008 году без применения дорогостоящего бурения.

В России пока законодательно не определены требования к компаниям-операторам морских промыслов по профилактике геофизических рисков, хотя еще в 2010 году Экспертный совет по Арктике при председателе Совета Федерации РФ рекомендовал в комплексе мер по обеспечению государственной политики в АЗРФ закрепить законодательно обязательное включение в лицензионные соглашения на право разведки и освоения уникальных и крупных нефтегазовых месторождений в АЗРФ требования о применении сейсмомониторинговых технологий 4D–4C для надежного контроля и управления деформационными процессами в недрах и профилактики техногенных землетрясений с катастрофическими последствиями. В 2012 г. расширенный Экспертный совет по Арктике и Антарктике при Совете Федерации вновь подчеркнул необходимость усиления мер по формированию сети сейсмологических станций и восстановлению в стране собственной базы производства геофизического оборудования для мониторинга флюидодинамического режима недр.

Обе эти рекомендации остались нереализованными к моменту старта первого проекта по добыче нефти на шельфе АЗРФ, поэтому на лицензионном участке месторождния «Приразломное» и в его окрестностях не была сформирована система геофизического мониторинга динамики недр.

Действующая в Западной Арктике федеральная система сейсмического мониторинга из-за тысячекилометровых расстояний между опорными станциями не обладает чувствительностью, достаточной для локального контроля низкоэнергетических сейсмических событий. Перспективные предложения Единой геофизической службы РАН по формированию в регионе в 100 раз более чувствительной инновационной системы автоматизированного сейсмоакустического мониторинга деструкционных процессов в криосфере не получили финансовой поддержки ни от правительственных структур, ни от корпораций, держателей лицензий на освоение шельфовых ресурсов углеводородов. Несмотря на позитивную оценку со стороны экспертного сообщества, региональных органов управления и Совета Федерации концептуальных предложений по организации производства в России ключевых компонентов волоконно-оптических измерительных средств (ВОИС) для морских геофизических исследований, до сих пор реального прогресса в этом актуальном направлении не наблюдается. Возможной причиной такой управленческой пассивности была надежда оснастить российские шельфовые промыслы импортной мониторинговой аппаратурой, аналогичной той, что эффективно внедрена в практику норвежскими и британскими нефтегазовыми компаниями в Северном море и на западной окраине Баренцевоморского шельфа (вне ареала распространения субаквальной «вечной мерзлоты»). Эта надежда разбилась о рифы запретительных санкций на поставки в Россию высокотехнологичных средств для обустройства шельфовых промыслов в Арктике. Очевидно, что в условиях обострения борьбы за свои геоэкономические интересы между всеми государствами Приарктического сектора, России необходимо ускорить создание собственных технических средств геофизического контроля недр и водной толщи, не уступающих аналогам, освоенным западными конкурентами.

Осуществить прорывные технологические проекты, обеспечивающие подъем уровня безопасности хозяйственной деятельности невозможно в условия отсутствия единого координационного центра, облеченного полномочиями, превышающими првомочия частных корпораций-операторов. Очевидно, что для оптимизации управления Арктической природно-технической мегасистемой необходимо создать «надведомственный» проектный офис, обеспечивающей замену сложившегося «колониально-ресурсного» стиля хозяйствования в Арктике инновационным «ноосферным» подходом, в рамках которого программно-целевое государственное планирование в секторах жизнеобеспечения, экологической безопасности и национальной обороны будет гармонично сочетаться с контролируемой эксплуатацией на рыночных принципах природных ресурсов АЗРФ [5]. Научное обеспечение управления должно опираться на базы знаний, генерируемые междисциплинарными научно-исследовательскими и экспертными центрами, ответственными за развитие нового научного направления - «арктической региональной науки» [6]. В качестве прототипа таких центров может быть рекомендован Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН), имеющий 85 –летний опыт развития «ноосферной» модели природопользования в Арктике [7].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-02-00248 «Инновационные факторы в освоении Арктического шельфа и проблемы импортозамещения»

Литература

1.*Комков Н.И., Лазарев А.А., Романцов В.С.* Стратегии стран мира в освоении Арктики // В кн. Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организации управления / под ред. акад. В.В.Ивантера. – СПб: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Издательский Дом «Наука», 2016. – С. 215-244.

2. Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе / Под ред. В.Т.Калинникова и А.Н.Виноградова. – Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2005. – 511 с.

3. *Ивантер В. В.*, *Лексин В. Н.*, *Порфирьев Б. Н.* Арктический мегапроект в системе государственных интересов и государственного управления // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. Т. 7. 2014, № 6 (38). - С. 6-24.

4. Российская Арктика: современная парадигма развития / под ред. Акад. А.И.Татаркина. – СПб.: Нестор-История, 2014. – 844 с.

5. *Виноградов А.Н.* Арктика как природно-техническая мегасистема: актуальные задачи на переходе к проектному управлению развитием // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD’2018): материалы Одиннадцатой междунар. конфер., 1-3 окт. 2018 г., Москва: в 2-х т. Ин-т проблем упр. им. В.А.Трапезникова Рос.акад. наук; под общ. ред. С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. – Т. 1: Пленарные доклады, секции 1-7. – М.: ИПУ РАН, 2018. С. 100-102 /4

6.*Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н.* Новое междисциплинарное научное направление: арктическая региональная наука // Регион: экономика и социология. 2017, № 3(95). – С. 3-30. DOI: 10.15372/REG20170301.

7.*Виноградов А.Н., Калинников В.Т., Петров В.П.* Приоритетные задачи Кольского регионального научного центра Российской академии наук по организации междисциплинарных комплексных исследований на

современном этапе освоения Арктической зоны России // Вестник Кольского научного центра РАН. 2014, №4 (19). - С 3-10.

ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТНОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МАКРОРЕГИОНОВ РОССИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ[89]

Гринчель Б.М., Дорофеева Л.В., Назарова Е.А.

Институт проблем региональной экономики РАН,
Россия,г. Санкт-Петербург, ул. Серпуховская д.38
boris.grinchel@mail.ru, dorofeevalucy@gmail.com, jane.nazarova@mail.ru

Для управления развитием макрорегионов в статье предлагается использовать конкурентную привлекательность территорий, рассчитанную на основе балльных оценок. В качестве критерия устойчивости используется положительное значение балльных оценок за исследуемый период 2013-2017 гг. Используется предлагаемый экономико-математический инструментарий и анализируется устойчивость территориального развития макрорегионов России.

Ключевые слова: конкурентная привлекательность региона, экономический фактор, инновационный фактор, фактор качества жизнь, фактор человеческого потенциала, управление региональным развитием, устойчивость регионального развития.

На современном этапе развития России в сложных политических и санкционных условиях грамотное управление развитием позволяет Российским регионам не только не снижать темпов своего роста, но и наращивать их. Для эффективного управления развитием традиционно предлагается использовать анализ сильных и слабых сторон территории, на основе которых разрабатываются стратегические и маркетинговые планы развития [1, С. 10-21, 2, С. 140-142]. Но для более глубокого понимания процессов регионального развития и оценки устойчивости можно использовать понятия конкурентных преимуществ и конкурентной привлекательности регионов с целью повышения в долгосрочном плане эффективности управления территорией.

Конкурентная привлекательность региона сложное и многокомпонентное явление. Она позволяет оценить множество различных составляющих: от географического положения, наличия исторических и культурных ценностей, экономики, уровня инновационного и инфраструктурного развития до качества жизни в регионе [3, С. 26-48, 4, С.213-214]. Под конкурентной привлекательностью территории мы понимаем повышенные по сравнению с другими регионами свойства социально-экономического пространства, которые будут привлекательны для большинства потребителей территориального пространства и его услуг. При этом следуем учитывать, что не все эти характеристики возможно изменить с помощью управленческих воздействий. Например, географическое положение территории или наличие исторических памятников архитектуры нельзя скорректировать, как бы этого не хотелось. Поэтому в качестве управляемых факторов конкурентной привлекательности мы предлагаем учитывать те, которые при последовательном стратегическом управлении могли бы позволить региону добиваться повышения конкурентных позиций среди других Российских регионов. В качестве таких факторов мы используем экономическое и инновационное развитие, качество жизни и человеческий потенциал. Для оценки каждого из перечисленных факторов применяется по десять статистически учитываемых или рассчитываемых на их основе показателей-индикаторов [5], которые определенным образом отражают привлекательность территории для различных групп потребителей, чтобы оценить динамику развития территории и ее устойчивость на определенном временном отрезке.

Для того, чтобы иметь возможность сравнивать и суммировать разноразмерные показатели и факторы между собой и получать единую оценку конкурентной привлекательности каждого региона мы использовали балльную систему. Для этого для каждого показателя мы составили шкалу значений, где большему значению присвоили 100 баллов, а наименьшему – 1 балл, при среднем значении по России – 50 баллов. Таким образом, всем разноразмерным значениям показателей региона мы присвоили безразмерные балльные значения, которые суммируются и делятся на число

[89]*В статье приведены результаты фундаментальных научных исследований, выполненных в соответствии с государственным заданием ФГБУН ИПРЭ РАН по теме в рамках Программы ФНИ Президиума РАН № 20 «Многофакторные вызовы и риски перехода к новому этапу научно-технологического и экономического развития России: фундаментальные и прикладные проблемы».*

показателей в факторе (10). Для получения интегральной оценки по всем четырем факторам были просуммированы факторные оценки и усреднены с учетом числа факторов [6, С.118-20].

Мы предлагаем для управления устойчивостью развития регионов использовать интегральную и пофакторные оценки конкурентной привлекательности. При этом под нарушением устойчивости развития нами понимается снижение конкурентной привлекательности макрорегиона в целом по сумме факторов, а для выявления причинно-следственных связей – по отдельным факторам. При этом аксиоматично принимается положение, что потеря устойчивости заключается не столько во временном количественном снижении отдельных показателей, а, что важнее, в потере потенциала роста при понижении свойства конкурентной привлекательности. Таким образом, критерий устойчивости развития выражается неравенством: КП(t1) ≥ КП(t0),

где: $КП_{(t1)}$ – оценки конкурентной привлекательности в году t1, $КП_{(t0)}$ – оценки конкурентной привлекательности в предшествующий период в году t0

При реализации управленческих воздействий региональными властями по данному неравенству с учетом каждого фактора будет осуществляться движение регионов в направлении повышения социально-экономической привлекательности для потребителей, которые привносят в регион инвестиционные, трудовые, инновационные ресурсы и увеличивают спрос на товары и услуги.

Ниже в таблице 1 приведены балльные оценки конкурентной привлекательности макрорегионов России, полученные на основе вышеизложенной методики и критерия устойчивости развития. Как видно из данных таблицы, уровень конкурентной привлекательности макрорегионов по интегральной оценке варьируется от 37,0 до 56,9 баллов с тенденцией в период 2013-2017 гг. к росту у 7 из 8 федеральных округов, за исключением Северо-Кавказского. Наибольший прирост интегральной оценки конкурентной привлекательности получил Центральный и Южный федеральные округа (1,7 и 1,5 балла соответственно). В остальных округах- повышение составило от 01, до 0,4 балла, то есть менее 1% за четырехлетний период. Это можно объяснить сложной экономической и внешнеполитической обстановкой в мире, связанной со спадом мирового экономического роста и попытками замедлить развитие России путем применения санкционного давления. Тем не менее, большинство регионов улучшили свою конкурентную привлекательность. Устойчивость развития была нарушена лишь по отдельным макрорегионам, преимущественно по инновационному фактору (3 макрорегиона) и фактору качества жизни (5 макрорегионов).

Выше средних оценок по России (50 баллов) имеют конкурентную привлекательность Центральный и Северо-Западный федеральные округа. Далее следуют примерно с равными оценками Дальневосточный, Приволжский, Уральский и Южный федеральные округа, которые имеют конкурентную привлекательность на 2,8 – 6,7 баллов ниже, чем средние оценки по России.

Более существенное отставание от Среднего по России имеют Сибирский и Северо-Кавказский федеральные округа, причем наиболее значительным отставание наблюдается по инновационному и фактору качества жизни

Полученные данные позволяют осмыслить и усовершенствовать региональное управление и развитие, включив оценки конкурентной привлекательности в число прогнозируемых и регулируемых параметров, одновременно достичь более устойчивого и качественного роста регионов страны в условиях экономических, социальных, политических вызовов и рисков. В целом по России наиболее отстающим факторам по всем регионам, крове Центрального, Северо-Западного и Приволжского федеральных округов является инновационный фактор, который должен быть драйвером роста конкурентной привлекательности страны.

Литература

1. *Цветков В.А., Сухарев О.С.* Экономический рост России: Новая модель управления [Текст]. М.: ЛЕНАНД, 2017. – 352 с.
2. *Рослякова Н.А.* Исследование факторов экономического роста [Текст] / Управление инновациями — 2013: Материалы международной научно-практической конференции 19-21 ноября 2013 г. / Под ред. Р.М. Нижегородцева. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2013. – 199 с. С. 139 – 144
3. *Портер М.* Конкуренция [Текст]. С.Петербург-Москва-Киев, Изд. дом «Вильямс», 2000. — 495 с.
4. *Дорофеева Л.В.* Инфраструктурный потенциал как основа устойчивого развития регионов России [Текст] // Экономика и предпринимательство. 2015. № 6-1 (59). С. 213-215.
5. Регионы России: социально-экономические показатели. 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/, дата обращения 20.02.2019
6. *Гринчель Б.М., Назарова Е.А.* Оценка конкурентоспособности и устойчивости социально-экономического развития Санкт-Петербурга в территориальном пространстве регионов России (2010-2015 гг.) [Текст] // Экономика и управление. 2017. № 3 (137). С. 17-25

Таблица 1. Балльные оценки конкурентной привлекательности и устойчивости развития макрорегионов России за период 2013-2017 гг.

Макрорегион	Интегральная оценка				Экономический фактор				Инновационный фактор				Фактор качества жизни				Фактор человеческого потенциала			
	2013 г.	2017 г.	Разность баллов	Устойчивость	2013 г.	2017 г.	Разность баллов	Устойчивость	2013 г.	2017 г.	Разность баллов	Устойчивость	2013 г.	2017 г.	Разность баллов	Устойчивость	2013 г.	2017 г.	Разность баллов	Устойчивость
ЦФО	55,2	56,9	1,7	У	59,5	56,7	-2,8	Н	47,5	52,8	5,3	У	62,8	63,8	1,0	У	51,1	54,2	3,1	У
СЗФО	53,9	53,8	0,1	У	55,0	56,6	1,6	У	49,3	48,3	-1,0	Н	62,8	61,3	-1,5	Н	48,4	49,1	0,7	У
ДФО	47,0	47,2	0,2	У	51,7	55,0	3,3	У	43,1	41,5	-1,6	Н	47,6	46,2	-1,3	Н	45,4	45,9	0,5	У
ПФО	45,8	46,1	0,3	У	38,3	38,7	0,4	У	46,5	49,4	2,9	У	50,3	50,7	0,3	У	48,1	45,8	-2,3	Н
УФО	43,9	44,3	0,4	У	47,3	45,4	-1,9	Н	35,5	40,2	4,7	У	46,8	45,1	-1,7	Н	45,8	46,4	0,6	У
ЮФО	41,9	43,3	1,5	У	36,1	38,7	2,6	У	36,3	39,8	3,5	У	49,4	47,8	-1,7	Н	45,6	47,0	1,4	У
СФО	41,1	41,6	0,4	У	41,2	45,0	3,8	У	35,6	36,5	0,9	У	43,6	40,3	-3,2	Н	44,2	44,5	0,3	У
СКФО	37,3	37,0	-0,3	Н	22,4	25,1	2,7	У	25,3	20,5	-4,8	Н	43,0	44,2	1,2	У	58,5	58,0	-0,5	Н

Условные обозначения:
У – устойчивое развитие макрорегиона за период 201-2017 гг.
Н – не устойчивое развитие макрорегиона за период 201-2017 гг.
ЦФО – Центральный федеральный округ
СЗФО – Северо-Западный федеральный округ
ДФО – Дальневосточный федеральный округ
ПФО – Приволжский федеральный округ
УФО – Уральский федеральный округ
ЮФО – Южный федеральный округ
СФО – Сибирский федеральный округ
СКФО – Северо-Кавказский федеральный округ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА, КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ефременко В.Ф.

Дальневосточный институт управления – филиал РАНХиГС,
г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, д.33
itc@dviu.ranepa.ru, vladfilef@yandex.ru,

Пащенко Ф.Ф.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
feodor@ipu.ru, pif-70@yandex.ru

Аннотация: Концепции поляризованного развития, положенная в основу Стратегии пространственного развития России, прошла эволюцию от полюсов роста к технополисам и региональным инновационным системам. Представлено теоретическое обоснование модели региональной инновационной системы и варианты ее практического построения.

Ключевые слова: региональная инновационная система, пространственное развитие, полюс роста, технополис

Введение

Текущие (существующие) и перспективные центры экономического роста Российской Федерации рассматриваются в «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» как основной инструмент обеспечения ускорения экономического роста Российской Федерации и субъектов РФ [1]. Акцент делается на активизацию научных, технологических, инновационных факторов развития. Основные мероприятия Стратегии могут быть охарактеризованы, как реализация на практике концепции «поляризованного развития», что требует уточнения ее современных теоретических положений с учетом полученных практических результатов.

1 Генезис концепции поляризованного развития

Концепция «поляризованного развития» была впервые сформулирована французским экономистом Ф. Перру. Согласно концепции, экономический рост страны не происходит равномерно во всех регионах, а проявляется в различных точках или «полюсах» с разной интенсивностью, распространяясь затем через определенные каналы на всю экономику. Ф. Перру подчеркивал определяющую роль государства в создании «полюсов роста», которое, на основе методов индикативного планирования, обеспечивает гармонизацию интересов экономических агентов, регионов, социальных групп. В 60-70 годы XX века правительства многих стран взяли ее за основу проводимой региональной политики. Привлекательность идеи состояла в том, что, после первоначальных инвестиций в сам «полюс роста», дальнейшее развитие как бы самопроизвольно распространялось вовне на собственной самовоспроизводящейся основе.

К концу 70-х годов идея «полюсов роста» несколько утратила свою популярность, однако в 80-е годы вновь возродилась уже на качественно новом витке экономического и научно-технического развития в форме технополисов. Особенностью технополисов стало то, что в качестве главного рычага подъема периферийных районов здесь стали выступать наиболее передовые наукоемкие отрасли и технологии. В технополисах предусматривалось обеспечить условия для «органического слияния научно-исследовательской деятельности с наукоемким производством и подготовкой кадров (ученых, проектировщиков, инженеров, техников и высококвалифицированных рабочих), необходимых для функционирования таких научно-производственных комплексов» [2].

Концепция Региональной инновационной системы (далее – РИС) впервые была предложена Ф. Куком в 1992 году как результат поиска пути возрождения старопромышленного Уэльса, региона филиальных заводов с устаревшей технологией, через построение экономики, основанной на инновациях. Первоначально «концепция развивалась практически полностью в поле региональной науки и экономической географии» [3], на основе идей «полюсов роста» и технополисов, с последующим привлечением положений Национальной инновационной системы (далее – НИС) Б.А. Лундвалла. Ф. Кук называет РИС «мощным инструментом по достижению экономического роста» [4]. В современных условиях быстрее всего развиваются регионы, являющиеся не просто производственными платформами, а те, которые стремятся развивать свои собственные РИС, способствующие возникновению новых высокотехнологичных секторов. Способность к самообучению и саморазвитию становится важнее способности к имитации и тиражированию известных решений. Преимущества РИС перед технополисами, по мнению Ф. Кука, проявляются

особенно в способности к «системному формированию новых инновационных компаний»[5] из единичного акта передовых предпринимателей (изобретателей) превращенного в организованную, постоянно возобновляемую деятельность.

2 Теоретические положения РИС

В настоящее время считается доказанным, что инновации представляют собой не линейный, а интерактивный процесс, и ключевым признаком успешных инноваций является степень системности, которую они могут продемонстрировать. Главным признаком системного подхода служит наличие доминирующей роли целого, а не составных элементов. «Система есть особая организация специализированных элементов, объединенных в единое целое для решения конкретной задачи» [6].

В трактовке понятия РИС, так же, как и понятия НИС, в научной литературе существуют различные подходы. В исследовании НИС и РИС, как считает Ф. Кук, приоритет следует отдавать региональному уровню и начинать нужно с теоретического описания региональной системы. «Из-за большой сложности исследования этой проблемы на национальном уровне, мы считаем обоснованным начать исследование систем с концептуального подхода, а не операционного, и осуществлять его на региональном, а не национальном уровне в первом приближении» [7].

Согласно теории систем РИС является составной и неотъемлемой частью НИС и соотносится с ней как часть и целое. Поэтому, как и другие системы, являющиеся подсистемами более крупных вышестоящих систем, существование РИС обусловлено необходимостью достижения двух целей – главной и функциональной. «Первая, или главная цель – это самосохранение или сохранение себя при различных внешних возмущениях и вторая, функциональная, цель – это сохранение вышестоящей системы (надсистемы), в которую данная система входит как часть или подсистема, и сохранение надсистемы осуществляется за счет управления и самоуправления» [8]. Наличие главной и функциональной целей являются первопричиной причин создания системы. Применительно к НИС и РИС «взаимовлияние системы и подсистем строится дифференцированно, по многоуровневой схеме, при приоритетном отношении к целям развития системы, реализации ее функций, при непротиворечивости целей, задач и функций системы и ее компонентов [9].

Доминирующая роль целого над его частями предполагает, что «структура системы определяется сформулированной целью, а части системы, не участвующие в решении основной задачи, являются рудиментами и исторически отмирают» [6]. В то же время «в каждой системе имеется некий минимальный уровень размеров элементов, ниже которого система как бы не существует» [8], а отсутствие хотя бы одного из необходимых элементов системы прекращает ее существование по определению. Необходимый и достаточный состав элементов и связей структуры РИС, обеспечивающий достижение ею главной и функциональной целей, по-видимому должен соответствовать этим сформулированным критериям.

В качестве первоочередных возникают две инфраструктурные проблемы, требующие своего разрешения. «Первая инфраструктурная проблема касается того, какова степень региональной финансовой компетенции» [3]. Возможности местного рынка капитала удовлетворять потребности возникающих и растущих инновационных компаний в привлечении рисковых инвестиций является чрезвычайно важным условием обеспечения инновационной деятельности на региональном уровне. «Вторая инфраструктурная проблема касается компетенции региональных властей в сфере контроля или влияния на инвестиции в физическую инфраструктуру, например, транспорт и телекоммуникации, и в «мягкую» инфраструктуру знаний, например, университеты, научные институты, парки науки и центры передачи технологий» [3]. Научные и технологические парки, возводимые при непосредственном участии региональных правительств, выполняют функции производственно-технологической, консалтинговой, маркетинговой поддержки инновационных компаний.

Таким образом, усилия государства в регионах, располагающих определенным научно-образовательным и предпринимательским потенциалом, по-видимому должны быть направлены в первую очередь на создание институтов технологической и финансовой инфраструктуры инновационной деятельности.

3 Практика построения РИС в регионах Дальневосточного федерального округа РФ

Как показывают наши исследования [12], за период 2011-2018 г.г. только в двух субъектах Федерации ДФО, - Республике Саха (Якутия) и Приморском крае, - наблюдается положительная динамика развития институтов инновационной инфраструктуры, результатом которой становится создание полноценных РИС.

В Республике Саха (Якутия) решениями региональной власти созданы базовые институты инновационной инфраструктуры: ГАУ «Технопарк «Якутия», ГБУ «Бизнес-инкубатор Саха

(Якутия)», ОАО «Венчурная компания «Якутия». По состоянию на конец 2018 года в Технопарке «Якутия» насчитывалось 110 компаний – резидентов, которые привлекли от институтов развития 72 млн. руб. инвестиций, реализовали продукции на сумму 401,1 млн. руб. (рост за период 2012 – 2018 гг. 742,8 процентов), создали 80 рабочих мест, выплатили 75 млн. руб. налогов и сборов. Объемы инвестиций Венчурная компания «Якутия» в проекты, прошедшие отбор, составили: в 2015 году 194 млн. руб.; в 2016 году 176 млн. руб.; в 2017 году 163 млн. руб.

В Приморском крае центр комплексной поддержки инновационной деятельности формируется при Дальневосточном федеральном университете (далее – ДВФУ), выступающим «точкой притяжения» научных, инновационных, финансовых ресурсов в регионе. В 2017 году учрежден Технопарк «Русский», как центр экосистемы технологического предпринимательства. Управление технопарком осуществляется Фондом поддержки технологического предпринимательства ДВФУ. С 2015 года при ДВФУ начало свою деятельность Дальневосточное представительство Фонда «Сколково», резидентами которого стали 27 компаний. В 2018 г. в форме инвестиционного товарищества во Владивостоке зарегистрирован «Дальневосточный фонд развития и внедрения высоких технологий», являющийся венчурным инвестиционным фондом, созданным Фондом развития Дальнего Востока, РОСНАНО и Российской венчурной компанией.

И в том и в другом случае в регионах в первоочередном порядке создаются институты инновационной инфраструктуры – технологической (технопарки, бизнес-инкубаторы и др.) и финансовой (венчурные фонды и др.). При наличии в регионе университетов и предпринимательских структур, создаваемая инфраструктура позволяет придать системное качество осуществляемой в регионе инновационной деятельности.

Заключение

Утверждение на государственном уровне приоритетов пространственной политики страны актуализирует необходимость теоретического анализа концепции поляризованного развития в её современном представлении в качестве РИС. Теория РИС показывает особую важность институтов инновационной инфраструктуры, прежде всего оказывающих финансовые и материально-технические услуги.

Литература

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2015 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. N 207-р. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
2. *Тимонина, И.Л.* Япония: опыт регионального развития / И.Л. Тимонина. М., Наука, - 1992. - 125с.
3. *Кук, Ф.* Региональные инновационные системы, кластеры и экономика знаний / Ф. Кук // Синергия пространства: региональные инновационные системы, кластеры и перетоки знания / Отв. ред. А.Н. Пилясов. – Смоленск: Ойкумена, 2012. – С.237 – 264.
4. *Cooke, P.* Regional Innovation Systems as Public Goods // P. Cooke in cooperation with O. Memedovic. - Vienna, UNIDO. - 2006. - 36p.
5. *Cooke, P.* From Technopoles to Regional Innovation Systems: The Evolution of Localised Technology Development Policy // P. Cooke. Canadian Journal of Regional Science. XXIV:1. 2001. - P. 21-40.
6. *Могилевский, В.Д.* Методология систем: вербальный подход // В. Д. Могилевский. – М.: «Экономика», - 1999. – 251с.
7. *Кук, Ф.* Региональная инновационная система: институциональный и организационный аспекты / Ф. Кук, М. Г.Уранга, Г. Этксебария // Синергия пространства: региональные инновационные системы, кластеры и перетоки знания / Отв. ред. А.Н. Пилясов. – Смоленск: Ойкумена, 2012. – С.213 – 236.
8. *Прангишвили, И. В.* Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе / И. В. Прангишвили, Ф. Ф. Пащенко, Б. П. Бусыгин. – М. : Наука, 2001. – 525с.
9. Инновационный тип развития экономики: учебник / под общ. ред. А.Н. Фоломьёва. М.: Экономика. - 2013. - 562 с.
10. *Ефременко, В.Ф.* Динамика развития инновационной инфраструктуры в региональных инновационных системах Дальневосточного федерального округа Российской Федерации / В.Ф. Ефременко, С.М. Бахарев // Власть и управление на Востоке России. 2019. - №1. – С.41-50.

ИНДИКАТОРЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНОВ

Жаров В.С.[1,2]

[1]*Филиал Мурманского арктического государственного университета, г. Апатиты, Россия, г. Апатиты ул. Лесная д.29*

[2]*Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН, г. Апатиты ул. Ферсмана д.24а*

zharov_vs@mail.ru

Аннотация: Показано, что для управления технологической модернизацией промышленного производства в регионах-субъектах Федерации необходимы целевые ориентиры в виде количественных целевых показателей - индикаторов. Предложено использовать новый показатель-коэффициент уровня технологичности производства. Разработан алгоритм достижения его целевого значения.

Ключевые слова: управление, индикаторы, промышленность, регионы, уровень технологичности производства.

Введение

Для реализации «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» необходима и соответствующая разработка подобных стратегий в регионах-субъектах Федерации. Однако для этого как минимум должны быть заданы целевые ориентиры инновационного технологического развития прежде всего промышленного производства, которое в России в основном развивается еще в рамках четвертого-пятого технологических укладов и поэтому существенно отстает в этой сфере от развитых стран. Соответственно нужны конкретные количественные целевые показатели, так как без них невозможно определять достижимость поставленных целей.

В зарубежных странах для отображения уровня инновационности технологического развития производственных систем различного уровня используется разнообразная система показателей [1,2], в том числе объем затрат на исследования и разработки, количество полученных патентов, доля продаж инновационных товаров в общем объеме продаж, количество разработанных и внедренных новых технологий и т.п. или же агрегатные индексы, сформированные на их основе. Так, в работе немецких ученых [1] на основе анализа публикаций по показателям-индикаторам инновационной активности зарубежных фирм за 1980-2015 годы показано, что в качестве индикаторов используется 82 показателя, в том числе 26 на ранних стадиях процесса разработки и внедрения инноваций. Соответственно авторы статьи отмечают, что для улучшения инновационных решений необходимы более конкретные показатели. При этом многие специалисты считают, что такими показателями должны быть показатели эффективности использования инноваций [3].

В России в данном направлении исследований в основном преобладают работы, связанные с оценкой инновационного потенциала предприятий, отраслей, регионов [4,5]. В их основе используется формирование различных агрегатных индексов, поэтому они, во-первых, не позволяют однозначно определить уровень потенциала той или иной экономической системы и осуществить их ранжирование по этому показателю, так как получаемый результат зависит от вида и количества субиндексов, коэффициентов или показателей, выбираемых для расчета интегрального индекса, а также от значимости (веса) каждого из них, который определяется на субъективной основе. Во-вторых, любой потенциал определяет возможности развития системы в будущем, а не ее конкретные показатели деятельности, в том числе инновационной, в настоящем периоде времени. В последние годы увеличивается и число исследований, направленных на разработку системы показателей оценки уровня технологического развития экономических систем преимущественно макро и мезо уровня [6], однако для этого в основном также предлагается разрабатывать различные интегральные индексы, которым свойственны все вышеуказанные недостатки. Иногда используются эконометрические модели, но как правило у каждого автора свой подход к их формированию.

Таким образом, до сих пор проблема выбора конкретного показателя-индикатора для управления использованием технологических инноваций на макро, мезо и микроуровнях не решена.

1 Методика исследований

Нами ранее впервые показано, что показателем, отражающем влияние научно-технического прогресса на экономическую эффективность используемых производственной системой ресурсов - материальных, трудовых и физического капитала в виде основных фондов, может быть «коэффициент уровня технологичности производства» [7]. Он определяется как отношение фондоемкости производства к материалоемкости выпускаемой предприятиями продукции либо как отношение материалоотдачи к фондоотдаче. Количественное значение такого коэффициента у

каждого предприятия может увеличиваться либо уменьшаться. Очевидно, что желательно повышение значения этого коэффициента при соответствующем снижении уровня материалоемкости продукции, что увеличивает вклад предприятия в рост валового регионального продукта регионов-субъектов Федерации России и валового внутреннего продукта страны, так как при этом увеличивается доля добавленной стоимости в объеме продаж предприятия. а, значит, и общий объем валовой добавленной стоимости регионов и страны в целом. При этом увеличение фондоотдачи является интенсивным фактором роста производительности труда в отличие от повышения уровня фондовооруженности, являющейся экстенсивным фактором, поэтому оно более предпочтительно с точки зрения повышения эффективности использования в экономике ограниченного объема используемых ресурсов.

Абсолютное значение коэффициента уровня технологичности производства зависит от уровня фондовооруженности предприятия или отрасли производства. Увеличение его значения в основном зависит от степени обновления активной части основных фондов предприятия (машин и оборудования, транспортных средств), то есть по сути дела от уровня знаний, вложенных в производство новой техники и технологии, но очевидно, что эффективность деятельности работников системы управления предприятием то же должна влиять, хотя и в меньшей степени, на это изменение. Таким образом, «показатель уровня знаний и умения», предложенный в 80-х годах прошлого века акад. В.А.Трапезниковым [8, с.77], по экономическому смыслу практически полностью совпадает с предложенным нами коэффициентом уровня технологичности производства, то есть оба эти показателя определяют количественную оценку влияния технического прогресса на развитие предприятий. Однако наш, второй показатель, в отличие от первого, имеет простой количественный расчет и на уровне отдельного предприятия, и на уровне отрасли либо вида экономической деятельности региона и страны в целом, так как необходимые для расчетов показатели материалоемкости и фондоемкости на всех уровнях управления отражаются в соответствующих статистических данных.

2 Результаты и обсуждение

Результаты нового методологического подхода к управлению технологическим развитием производственных систем апробированы на примере анализа данных публичной бухгалтерской финансовой отчетности результатов деятельности крупных промышленных предприятий-ПАО АК «Алроса», АО «Кольская Горно-металлургическая компания», АО «Севералмаз», АО «Ковдорский ГОК», АО «Апатит» за период 2005-2017 годов., а также статистических данных развития производства по видам промышленной деятельности всех регионов Севера за период 2005-2016 годов [9].

При этом показано, что наилучшим направлением технологического развития производственных систем из четырех возможных является инновационно-эффективное направление, когда одновременно снижается материалоемкость продукции, повышается уровень фондоотдачи основных фондов предприятия и преимущественно за счет этого растет производительность труда [10]. Индикаторами направлений являются изменения значений коэффициента уровня технологичности производства и взаимосвязанных с ним значений материалоемкости и фондоотдачи, что отражает соответствующая матрица. Она позволяет сформировать жизненный цикл технологического развития производственных систем, каждая стадия которого определяет улучшение или ухудшение использования отдельных видов экономических ресурсов через изменение значений материалоемкости, фондоотдачи и производительности труда. Соответственно по направлению изменения значений показателей – индикаторов (коэффициента уровня технологичности производства, материалоотдачи и фондоотдачи) можно определять стадию технологического развития, а также необходимость и возможность перехода на наилучшую стадию, когда одновременно с ростом значения коэффициента уровня технологичности производства увеличиваются значения материалоотдачи, фондоотдачи и производительности труда. При этом главным индикатором является коэффициент уровня технологичности производства. В результате появляется возможность управления процессом инновационного промышленного развития экономики регионов во взаимосвязи систем различного уровня (предприятий, промышленных отраслей, видов промышленной деятельности) и цифровизации этого процесса при выполнении предлагаемого нами инвестиционно-инновационного анализа [7].

Рассматриваемый анализ должен выполняться на основе ретроспективных статистических данных деятельности предприятий, промышленных отраслей и видов промышленной деятельности экономики регионов-субъектов Федерации минимум за три - пять лет. В результате выявляется тенденция роста или снижения значения коэффициента уровня технологичности производства либо

отсутствие явно выраженной тенденции, означающей низкий уровень управляемости этим процессом С точки зрения теории эндогенного экономического роста в любой производственной системе должен быть рост значений этого коэффициента. Соответственно на перспективу должна ставиться задача повышения значения коэффициента, но возникает вопрос-до какого уровня и в какой период времени? Возможный ответ в любом случае определяется объемом финансовых ресурсов, которые система может генерировать для своего развития, однако предварительно этот объем необходимо определить. Если производственная система не является лидером по реализации технологических инноваций, то тогда в качестве целевого значения коэффициента уровня технологичности производства можно принять его значение, которое имеет аналогичная система, являющаяся лидером в области технологического обновления в соответствующем регионе либо стране. Однако при этом нужно иметь ввиду, что высокое значение коэффициента уровня технологичности производства может быть и в случае одновременно низких значений материалоотдачи и фондоотдачи, что, кстати, характерно для российской промышленности по отношению к промышленности развитых стран. Таким образом, вторым целевым ориентиром должна быть материалоотдача либо материалоемкость производства, значение которой имеет система-лидер. Затем на этой основе рассчитывается необходимое значение фондоотдачи и далее, в зависимости от будущих объемов продаж, объем основных фондов и соответствующий необходимый объем инвестиций в основной капитал. В результате определяются возможные реальные источники и объемы получения инвестиций для соблюдения системой в рассматриваемый период времени нормального уровня финансовой устойчивости. Соответственно, если окажется, что требуемый объем инвестиций получить невозможно, то тогда нужно снижать желаемые целевые значения коэффициента уровня технологичности производства и материалоотдачи и повторно выполнять рассматриваемую процедуру расчетов. Подобные расчеты можно и нужно выполнять на каждый год прогнозируемого либо планируемого периода времени.

Литература

1. *Dziallas M., Blind K.* Innovation indicators throughout the innovation process: An extensive literature analisis // Technovation, Vol. 80-81. 2018. - P. 3-29.
2. *Suroso E., Azis Yu.* Defining Mainstreams Of Innovation: A Literature Review // First International Conference on Economics and Banking (ICEB-15). Published by Atlantis Press. 2015. - P. 387-398.
3. *Kamasaka R.* Determinants of innovation performance: a resource-based study // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2015. No.195, pp.1330 – 1337.
4. *Бахтизин А.Р.,Акинфеева Е.В.* Сравнительные оценки инновационного потенциала регионов Российской Федерации // Проблемы прогнозирования. 2010, № 3. - С. 73.
5. *Komkov N.I., Selin V.S., Tsukerman V.A., Goryachevskaya E.S.* Problems and perspectives of innovative development of the industrial system in Russian Arctic regions // Studies on Russian Economic Development. 2017. Vol. 28. 2017, №.1. - P. 31-38.
6. *Березина Е.В.* Формирование системы показателей для оценки уровня технологического развития сферы исследований и разработок // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2019, № 1 (26). - С. 42-48.
7. *Жаров В.С.* Инвестиционно-инновационный анализ деятельности производственных систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 6. - С. 142–152.
8. *Кучин Б.Л., Якушева Е.В.* Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость. - М.: Экономика.,1990. - 157 с.
9. *Жаров В.С.* Тенденции и перспективы инновационного промышленного развития регионов Севера и Арктики // Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации . Под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. - С. 374-397.
10. Zharov, V.S., Zharov, N.V. Problems of management of innovative development of industry in the regions of the Far North. // Proceedings of 2018 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development&quot, MLSD 2018. - P. 1-3.

ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ СОЦИАЛЬНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРМОНИЧНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ

Зернов С.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
5219528@mail.ru

Аннотация: рассматривается задача планирования социально-экономического развития территории с учетом интересов народонаселения. Описывается противоречия препятствующие возможности активного участия народонаселения на всех этапах подготовки и реализации программ развития территории. Основное внимание уделяется роли социального самоуправления для преодоления существующих проблем.

Ключевые слова: развитие территории, самоуправление, самоуправство, социальные уравнения, обучение с подкреплением.

Устойчивое развитие территории (страны, региона, муниципалитета) зависит как от качества управления самой территорией, так и технологий управления ее развитием. Традиционный подход к развитию территории строится на экстенсивной модели, предполагающей рост за счет наращивания объемов существующей деятельности и улучшению условий жизни людей, за счет роста получаемых ими доходов. Проблемы такого планирования достаточно изучены, а отрицательные последствия хорошо известны. Например, одним из худших сценариев является закрытие градообразующего предприятия или существование его исключительно на дотации. В качестве альтернативы используется подход предполагающий создание принципиально новых возможностей экономического развития на основе отдельных преимуществ и особенностей территории. В результате чего осуществляется создание кластеров развития, инновационных центров и т.д. Проблемы, возникающие при таком подходе, тоже известны, как и вопиющие примеры – Роснано, Сколково и т.п. К примеру, в России отрицательные последствия от подобных инициатив, в виде финансовых потерь бюджетов, исчисляются сотнями миллиардов, если уже не триллионами рублей. При этом далеко не всегда экономические потери обусловлены коррупцией и некомпетентностью чиновников или погоней за сверхприбылью олигархов. Хотя роль тех и других, безусловно, велика.

Каждый из этих подходов требует разных способов организации проектного управления и отличающихся методов управления развитием территории. Что в принципе не исключает возможности реализации смешанной стратегии, если их сочетание на данной территории принципиально возможно и практически реализуемо. При этом принципиальные отличия этих подходов сохраняются, в части применяемых экономических моделей, маркетинговых приемов для продвижения территории и т.д.

Единство этих подходов обнаруживается, если рассматривать управление и развитие территории на уровне социального управления. А именно в том, какое участие в принятии принципиально важных решений в части текущего управления и развития территории принимают чиновники и население. Первые проявляют высокую активность и действенное участие, стремясь все настойчивее лоббировать интересы различных банковских синдикатов и финансово-промышленных групп. Вторые, наоборот, умышленно и изощренно отстраняются от участия в управлении и развитии территории. Таким образом, тенденции оказываются противоположными и противоречащими основам государства и права, в которых декларируется суверенитет народов и прямая зависимость от народонаселения системы территориального управления. [1]

В результате чиновники все активнее и изощреннее подменяют потребности и устремления населения территории интересами своих спонсоров и вышепоставленных лиц, фактически низводя народонаселение территории до роли статистов. Не только на территориальных выборах, но и даже в части их возможностей для самоопределения. Тем самым существенно ограничивая и, даже, лишая народы возможности самостоятельно определять как пути развития территории, так и будущую социально-экономическую модель территории. С потерей возможности прямого влияния на выбор направления развития территории, население неизбежно оказывается заложником некомпетентности и корысти бюрократов, осуществляющих самоуправство на всех уровнях территориального управления.

Самоуправство бюрократии приводит к тому, что осуществляются только косметические коррекции действующей системы территориального управления. В то время как ее адаптация под потребности народонаселения и социальная модернизация населением оказываются принципиально невозможна. Что, рано или поздно, приводит к переворотам со сменой управляющей элиты, либо к ужасающей социальной деградации территории. Переворотам предшествует неизбежный рост

недовольства центральной властью, приводящей к тому, что народонаселение начинает поддерживать даже инициативы очевидных врагов (пятой колонны и т.п.). Социальная деградация выражается в том, что все больше людей, обнаруживающих непрерывное ухудшение условий своей жизни, начинает искусственно повышать свой социальный статус (рост кредитной задолженности, неразумные траты и т.п.) часто болеть и быстро умирать (некачественная еда, недоступность медикаментов и т.д.) и впадать в депрессию (рост алкоголизма, наркомания и т.п.)

В условиях нарастающего противоречия между правящей элитой и народонаселением, элита может прибегать к уловкам в виде отвлечения внимания народонаселения на развлечения (спорт, театр, кино, игры и т.д.) и поощрять стремление людей самоустраняться от насущных проблем социального самоуправления (свой мирок, социальные сети и т.п.) Одновременно территориальная элита формирует жесткую и быструю систему для подавления любых активных публичных проявлений социального недовольства, чтобы локализовывать социальное возгорание раньше, чем оно успеет поджечь пожар на всей территории или в ее центре. Так как «характерной особенностью современного государства, является его зависимость от множества политических, экономических, социальных проблем, превращающих его в сосредоточие слабостей и делающих невозможным его защиту. Современное государство, в значительно большей степени, чем в предыдущие века, подвержено опасности». [2]

Безнаказанное самоуправство бюрократии приводит к ее быстрому перерождению в сборище социальных паразитов, единственным интересом которых становится извлечение личной выгоды за счет присвоения доходов бюджета, получения взяток от олигархии и т.п. Характерным признаком социального паразитирования является необузданная и циничная деятельность, направленная на присвоение результатов чужого труда с единственной целью личного обогащения за счет использования естественно или искусственно возникших обстоятельств (работе в органе власти, доступу к конфиденциальной информации и т.д.) Особенностью социального паразита, в отличие от бюрократа, является полное игнорирование краткосрочных и долгосрочных последствий от своих решений и действий для природы в целом и социума, в частности. Что с неизбежностью приводит к деградации условий жизни людей во всех сферах: экономической, социальной, культурной, духовной и т.д. и т.п.

Система управления территорией, пораженная социальным паразитизмом, ставит конкретного нравственного здорового человека перед непростым выбором. Либо добровольно встраиваться в систему социального паразитирования превращаясь в социального паразита, либо адаптироваться к повсеместному самоуправству выбирая меж двух зол. В первом случае – расплачиваться ухудшением своей жизни и будущим собственных детей, оставаясь на данной территории. Во втором случае – осуществив бегство на другую территорию, где подобный подход еще не привел к катастрофическим последствиям для экономики и социальной сферы. С перспективой бежать еще дальше. Так как сам принцип, лежащий в основе организации системы управления территорией посредством коррумпированной бюрократии, исключающей или подменяющей интересы народонаселения, с неизбежностью приводит к экономическому обнищанию населения, поражению в важнейших социальных правах и беспрецедентной деградации духовной жизни. Современная Россия – яркий тому пример.

Однако в современном управлении производственными организациями наблюдается обратная тенденция, когда производитель вынужден все больше учитывать интересы потребителя при разработке нового товара или услуги. Поэтому производитель становится все больше заинтересован в учете долгосрочных интересов пользователей при разработке будущего товара или услуги. Вплоть до включения потребителя в процесс разработки нового товара или услуги. Ярким примером является разработка компьютерных игр и т.п.

Такой разрыв между отношениями в сфере управления территорией и сферой производства товаров и услуг, прямо указывает на критические проблемы со сферой территориального управления. Социальные процессы протекают все быстрее. Все более обостряющееся социальное противоречие между общественным характером производства и частной формой присвоения прибавочной стоимости приводит к тому, что рост социальной неустойчивости в мире нарастает. Существующие правовые и политические способы модернизации структуры и функций систем территориального управления не позволяют решить разрастающиеся социальные противоречия. Поэтому их конструктивное разрешение, в рамках сложившейся системы социальных отношений, без появления принципиально новой социальной силы оказывается невозможно.

Предполагается, что такая социальная сила может быть сформирована из представителей гражданского общества, с одной стороны, и социальных конструкторов, с другой. Так как иной новой

социальной силы, способной не насильственным путем вывести из тупикового цикла модернизации системы управления территорией, посредством смены эксплуатирующих и паразитирующих социальных элит, не просматривается. Но и этого недостаточно, так как они нуждаются в общественной организации, которая будет способна запустить их результативное социальное взаимодействие.

Как отдельными исследователями, так и в рамках различных научно-исследовательских школ, по целому ряду разных причин и множеству общепринятых заблуждений, выход из вышеуказанной проблемной ситуации ищется путем поиска выигрышной стратегии и совершенной тактики в рамках действующих правовых механизмов (участие в выборах, подмена провластных экспертов и т.д.) или путем смены центральной власти (заговоры, перевороты, «оранжевые революции» и т.п.). При всей кажущейся очевидности и правильности данного решения оно не разрешает главной проблемы – возвращение народонаселению контроля над чиновничьим аппаратом и перестройка работы бюрократической системы управления на нужды народа. Хотя, следует признать, что в краткосрочном периоде и может дать положительные сдвиги в созидательном направлении. Которые, однако, с неизбежностью будут утрачены.

Причина системной ошибки становится очевидна, если рассмотреть социальные уравнения в простом виде записи, содержащие антиэнтропийное уравнение (1) и уравнение социальной эволюции (2):

(1) [Проблема] * [Регулятора] = [Норма]

(2) [Мотив] * [Конфликт] = [Игра]

Из них следует, что достижений иной социальной нормы требует осуществить изменения в работе регулятора. Но любая попытка существенного изменение регулятора означает необходимость вступления в конфликт с теми, кто настроил действующий регулятор в своих интересах. И, следовательно, ведет к необходимости вступления в социальную игру. Выиграть которую нельзя подчинившись условиям, диктуемым теми, кто настроил действующий регулятор под себя.

Однако уравнения не запрещают применить принципиально иной подход для выхода из данной проблемной социальной ситуации. Поэтому предлагается параллельно с существующей системой управления территорией, действующей преимущественно посредством самоуправства, восстанавливать и развивать навыки социального самоуправления. Что предполагает интеграцию знаний по самоорганизации и навыков саморегулирования с опытом по самодеятельности. Так как сейчас все они подавлены самоуправством или совершенно не развиты, то начинать необходимо с социального моделирования процессов самоуправления и затем переводить их в реализацию на реальной практике. В результате чего неизбежно возникнет опосредованный конфликт между действующей и нарождающейся системой территориального управления. Разрешение которого, при условии поддержания его конструктивности, может привести к желаемой смене системы управления территорией или пониманию недостатков предлагаемого и созданию улучшенного нового прототипа.

Требуется эволюция представления народонаселения территории о своей роли и возможностях, отличии разомкнутого социального управления от управления с обратной связью, осознания путей и методов перехода к социократии [3]. Для чего необходимо разрабатывать социальные тренажеры и нарабатывать навыки создания и внедрения социальных регуляторов [4] в проблемных социальных ситуациях. Нужно опираться и на существующий эмпирический опыт самоорганизации [5]. Для чего предлагается использовать проблемное обучение с подкреплением, освоение основ гомеостатики [6] и построение простейших социальных регуляторов с обратной афферентацией [7]. Наконец, необходимо целенаправленное и систематическое изучение свойств социальных паразитов, поиск эффективных способов воздействия на них, разработка способов их локализации и мер профилактики социального паразитизма в системах социального управления.

Литература

1. Исаев И.А., «Суверенитет. Закрытое пространство власти», М: Проспект, 2017 - 160 с.

2. Глазунов О.Н., Государственный переворот Стратегия и технология, М.: ОЛМА-ПРЕСС Образование, 2006 – 117 с.

3. Уорд Л.Ф., «Очерки социологии», М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016 – 248 с.

4. Бутковский А.Г. «К методологии и философии кибернетики», М: ИПУ РАН, 2011 - 59 с.

5. Остром Э., «Управляя общим: эволюция институтов коллективной деятельности», М: ИРИСЭН, Мысль, 2010 – 447 с.

6. Горский Ю.М., Степанов А.М., Теслинов А.Г., «Гомеостатика: гармония в игре противоречий», Иркутск: Репроцентр А1, 2008 – 634 с.
7. Анохин П.К. «Избранные труды: Кибернетика функциональных систем». М.: Медицина, 1998 – 400 с.

МЕТОД ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ОТРАСЛЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА В РАЗВИТИИ МОНОГОРОДОВ: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Краснова Т.Г.[1], Поздняков А.К.[1], Вильгельм А.С.[1], Плотникова Т.Н.[2]
[1]Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
Россия, г. Абакан, ул. Ленина д.90
[2]Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета,
Россия, г. Абакан, ул. Щетинкина, 27
[1]rektor@khsu.ru, [2]tnplot@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются условия управления социальным региональных систем на примере агропромышленного комплекса и горнодобывающей отрасли в моногородах Сибири, предложена методика оценки и прогнозирования соответствующих локальных рынков с целью определения направлений поддержки взаимосвязи моногородов с отраслями региона и социальным развитием.

Ключевые слова: экономический рост, социальный вектор развития, региональная экономика, агропромышленный комплекс, локальные рынки.

Введение и обзор литературы

Социально-экономическое развитие многих территорий, на которых размещаются угледобывающие предприятия, во многом определяется политикой этих предприятий. Поэтому перед регионами, имеющими угольные кластеры, стоят задачи поиска эффективного управления с целью развития территории присутствия угледобывающих предприятий. В большинстве своём предприятия угольной отрасли являются градообразующими для моногородов и поэтому во многих вопросы социально-экономического развития монопрофильных территорий являются определяющими не только текущего состояния, но и перспектив развития монопрофильных территорий.

Одной из важных функций угледобывающих предприятий является выполнение задач социальной сферы, в частности в отношении развития монопрофильных поселений (шахтёрских моногородов). Отраслевая специализация моногородов показывает, что угольная промышленность имеет большую долю в структуре производства, размещённого на территории моногородов.

Несмотря на большое разнообразие отраслей, представляющих градообразующие предприятия моногородов, угольная отрасль занимает значительную долю до 9,4% и, следовательно, оказывает серьёзное воздействие на текущее состояние монопрофильных поселений.

Стратегиями модернизации моногородов предусмотрены развитие конкуренции, предоставление равных возможностей для модернизации предприятий, создание условий для привлечения и развития человеческих ресурсов, стимулирование развития инновационных технологий, развитие кооперации всех видов (внутриотраслевой, межотраслевой и международной) [1].

Кооперация и развитие взаимосвязей и взаимодействий как в угольной промышленности, так и в монопрофильных поселениях в целом способствуют созданию наиболее благоприятных условий для предполагаемого функционирования. Формирование монопрофильных городов на угледобывающей отрасли как отрасли с возрастающей отдачей от масштаба с точки зрения новой экономической географии как хорошо сформированного природного явления, являющегося результатом сочетания эффектов, вызванных техническим прогрессом и координацией местных рынков. Предприятия с постоянной отдачей от масштаба и использующие немобильные ресурсы, например, сельское хозяйство, могут оставаться сосредоточенными. Взаимодействие монопрофильных территорий с различными субъектами хозяйствования позволит создать условия для развития территории за счет внутренних ресурсов. Основной задачей современного подхода к управлению угледобывающими предприятиями, расположенными в монопрофильных районах, является социально-ориентированное регулирование структурных изменений в угольной промышленности. Усиление социального вектора в угольной промышленности способствует поиску кооперационных связей с различными секторами экономики. В частности, одним из важных направлений повышения благосостояния населения является обеспечение продовольствием монопрофильных промышленных зон [2-7].

1 Материалы и методы

В статье определены количественные характеристики влияния сельскохозяйственного производства на уровень жизни монопрофильных территорий угледобывающей промышленности. В качестве источника информации использовались статистические материалы о социально-экономическом развитии Республики Хакасия за 2013–2017 годы.

Анализ основных показателей функционирования монопрофильных городов показал растущую потребность в сельскохозяйственной продукции. Анализ основных показателей функционирования моногородов выявляет тенденцию к снижению по многим показателям социального развития, но в то же время сохраняются высокие темпы роста добычи угля, за пять лет рост составил 8,6%. В то же время анализ агропромышленный комплекс характеризуется увеличением основных показателей.

Для выявления количественных характеристик влияния развития сельского хозяйства на рост социально-экономических показателей моногородов был проведен множественный корреляционно-регрессионный анализ, включающий разработку моделей и анализ полученных результатов. Ввиду ограничений информационной базы, представляет интерес анализ следующих переменных: доход на душу населения, численность населения, занятость, инвестиции в основной капитал на душу населения и объем производства по секторам.

2 Результаты и дискуссия

Результаты оценки моделей для отдельных секторов экономики: сельского хозяйства и горнодобывающей промышленности.

2.1 Модель для агропромышленного комплекса

Корреляционно-регрессионный анализ позволил выявить тенденции связей между объёмами продукции сельскохозяйственной отрасли Республики Хакасия (урожайность зерновых и овощей и среднедушевых денежных доходов населения) и показателями уровня жизни населения. В качестве результативного признака выбран показатель среднедушевых доходов населения, так как он наиболее полно отражает социально-экономическое положение населения, включающее эффективность функционирования градообразующего угледобывающего предприятия. Известно, что большая часть населения является работниками градообразующих предприятий.

С помощью корреляционного анализа были выявлены связи между показателями, с этой целью получена матрица коэффициентов парной корреляции и на её основе выполнен анализ взаимосвязей показателей. Для модели были отобраны показатели, имеющие высокий и средний коэффициент корреляции. Затем построена математическая модель связи среднедушевого дохода населения с эффективным функционированием отрасли сельского хозяйства. Данное исследование направлено на выявление связи между социально-экономическим положением моногородов угольной отрасли и обеспечением продукцией сельского хозяйства населения монопрофильных территорий:

(1) $$y = 11{,}721 + 0{,}032x_1 + 0{,}521x_2 + 0{,}966x_3$$

где y – среднедушевой доход населения, руб.; x_1 – объёмы продукции сельского хозяйства на душу населения, млн. руб./чел.; x_2 – урожайность зерновых, %; x_3 – инвестиции в сельское хозяйство на душу населения, млн. руб./чел.

Полученные результаты показывают, что увеличение объёмов сельскохозяйственного производства, урожайности и инвестиций в сельское хозяйство влияют на получение доходов населения, что говорит о повышении уровня жизни населения за счёт улучшения снабжения продуктами питания.

Оценка тесноты и характера связей определена по коэффициентам детерминации характеризуют влияние факторов (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты уровня регрессии

Наименование	y	x_1	x_2	x_3
Коэффициент детерминации, %	39,454	0,106	16,78	30,323
Коэффициент вариации	28,574	11,045	29,374	31,247

Полученные тенденции характеризуют зависимость показателей сельскохозяйственного производства и социально-экономического положения моногородов, что говорит о взаимовлиянии всех субъектов экономики региона.

2.2 Модель для локального угледобычного (отраслевого) рынка

Данная оценка направлена на выявление взаимосвязи между локальным потенциалом монопрофильных городов угольной промышленности и размером местного рынка и степенью активности взаимодействия агентов на монопрофильных территориях:

(2) $y = 0{,}061 + 1{,}850x_1 + 0{,}690x_2 + 5{,}612x_3 + 0{,}650x_4$

где: y - объем производства на душу населения по горнодобывающему сектору, руб .; x_1 - уровень занятости,%; x_2 - природные ресурсы, млн. руб .; x_3 - грузоперевозки на душу населения, млн. руб. / чел .; x_4 - инвестиции в горнодобывающую промышленность на душу населения, млн. руб. / чел.

Оценка близости и характера взаимосвязей, определяемых коэффициентами детерминации, характеризует влияние факторов (табл. 2).

Таблица 1. Коэффициенты уровня регрессии

Наименование	y	x_1	x_2	x_3	x_4
Коэффициент детерминации, %	0,12	0,34	0,25	0,20	0,31
Робастная станд.ошиб.(* – p < 0.1; ** – p <0.05; *** – p <0.01)		1.00*	0.07*	0.41***	0.37**

Таким образом, размер местных рынков и уровень экономической активности агентов в монопрофильных городах являются существенными факторами для уточнения модели. Результаты оценки показывают значимость продуктивности и потенциала. Выявление наиболее перспективного направления общественного развития, пространственного развития будет способствовать повышению концентрации деловой активности субъектов местного рынка. Эффективность взаимодействия ассоциированных локальных рынков будет выражаться в том, как будет развиваться экономика в региональном масштабе в среднесрочной перспективе. В математическом смысле это означает динамику численной оценки прогноза показателя ВРП на будущее с учетом вероятности.

4 Выводы и заключение

Зная тенденции в социально-экономических показателях монопрофильных поселений, можно построить прогноз роста основных показателей жизнедеятельности монопрофильной компании, связанных с ростом сельскохозяйственного производства. Для того чтобы применить полученный результат в управлении монопрофильными территориями, необходимо: определить состояние и условия развития монопрофильных городов, оценить перспективы развития сельского хозяйства в регионе; осуществлять процесс координации взаимодействия монопрофильных территорий с сельскохозяйственными организациями.

Оценка уровня влияния развития сельского хозяйства на уровень жизни населения монопрофильных территорий подтверждает значимость всех факторов социально-экономического развития моногородов.

В частности, были проведены исследования для монопрофильных территорий угледобывающих отраслей с целью выявления социального вектора в деятельности угледобывающих предприятий по отношению к монопрофильным территориям. В то же время получены корреляции, определяющие влияние сельскохозяйственной отрасли на уровень жизни населения моногородов. Следовательно, угледобывающим предприятиям необходимо поддерживать связи с сельским хозяйством, включая их в программу социального развития территории.

Литература

1. Harte S., Grävingholt J., Pleines H., Schröder H-H. Geschäfte mit der Macht. Bremen, 2003. 383 p.
2. *Foo, N.; Bloch, H.; Salim, R.* The optimisation rule for investment in mining projects. Resour. Policy 2018, 55, 123–132.
3. *Fujita, M. and Krugman, P.* (1994) Urban systems and regional development. In The Location of Economic Activity: New Theories and Evidence, Consorcio da Zona Franca de Vigo and CEPR.
4. *Fujita M, Krugman P,Venables A,* 1999 The Spatial Economy (MIT Press, Cambridge, MA)
5. *Krugman, R.P.* "What's New about the New Economic Geography?" Oxford Review of Economic Policy 14, no. 2 (1998): 7-17.
6. *Combes, P.P., Mayer, T., and Thisse, J.F.,* Economic Geography: The Integration of Regions and Nations, Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 2008
7. *Markevich A., Mikhailova T.* Economic Geography of Russia. New Economic School, 2012.

ВЛИЯНИЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ НАУКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ НАУЧНЫХ РЕСУРСОВ

Кульба В.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kulba@ipu.ru,

Меденников В.И.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д.44-2
dommed@mail.ru

Аннотация: в работе рассматриваются проблемы формирования региональных цифровых платформ информационных научных ресурсов. Дается анализ последствий реформирования науки, происходящей в последнее время на основе мониторинга состояния аграрных информационных научных ресурсов в Интернете и сопоставления их рейтингов с различными региональными рейтингами.

Ключевые слова: информационные научные ресурсы, цифровые платформы, региональные рейтинги, коэффициенты корреляции.

Введение

В [1] путем моделирования цифровых платформ выделены две базовые платформы: производственная, отражающая экономические отношения, и научно-образовательная, отражающая интеграцию информационных научных и научно-образовательных ресурсов Интернет-пространстве. Причем показано, что эти платформы существуют сами по себе, почти не пересекаясь. Цифровизация общества, науки и экономики, стремительно набирающая обороты, почти не сказывается на этот расклад, обе платформы, подобно планетам, двигаются по своим орбитам. Это подтверждает и практика. В настоящее время научную общественность больше интересует количество публикаций, рейтинг журналов, в которых публикуются ученые, цитируемость работ. Созданный механизм принуждения заставляет ученых выбирать темы исследований в соответствии с указанными выше критериями, а не потребностями экономики, общества. И информационные технологии активно помогают им в этом.

Федеральные власти считают, что данный подход повысит эффективность научных исследований. Это началось не сейчас. Создаваемые государством базы данных различных источников информационных научных ресурсов имеют узкую целевую направленность, в основном, на учетную функцию, что порождает гетерогенность их структур, делает их невостребованными для широкого круга пользователей, желающих иметь удобную систему получения знаний. Это не способствует интеграции баз данных, приводит к значительному перерасходу ресурсов и запутывает все более возрастающее количество потенциальных пользователей при поиске нужной информации. К сожалению, ценная и актуальная информация российских научных фондов и федеральных целевых программ практически также недоступна для использования в инновационной сфере.

Например, государство тратит значительные ресурсы на разработку и сопровождение БД: «Единая государственная информационная система учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР)», БД Федерального института промышленной собственности (патентные документы, товарные знаки, промышленные образцы, программы для ЭВМ, БД и топологии интегральных микросхем) и Elibrary.ru, имеющих довольно узкое целевое назначение, соответственно, специфическую аудиторию. Цель первой БД очевидна из названия. Здесь представлены НИОКТР в виде научных отчетов, выполненных за бюджетные средства. Цель второй – регистрация указанных выше разработок без возможности ознакомления с ними. Цель третьей – создание национального индекса научного цитирования (РИНЦ) с перспективой применения его для оценки результатов научной работы ученых или научных коллективов. Ничем не отличаются и другие БД: Федеральный портал по научной и инновационной деятельности, ИС Российского фонда фундаментальных исследований, ИС ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы», ИС Фонда содействия развитию малых и средних предприятий в научно-технической сфере, ИС Центра информационных технологий и систем органов исполнительной власти [2]. Думается, что ни один фермер ни разу не зашел в эти БД.

1 Анализ информационных научных ресурсов в Интернет-пространстве

Рассмотрим потоки информации, действительно необходимой товаропроизводителю, науке, обучающимся, управленцам, населению. В настоящее время в стране разрушена государственная система доведения знаний, инноваций до них, других потребителей информационных ресурсов (ИР). Поэтому почти единственным источником, из которого могут черпать проверенные наукой знания – это сайты НИУ и ВУЗов. Анализ сайтов сельскохозяйственных НИИ, ВУЗов, информационно-консультационных служб (ИКС) позволил выделить семь видов информационных научных ресурсов, присутствующих в том или ином виде на этих сайтах: разработки, публикации, консультационная деятельность, нормативно-правовая информация, дистанционное обучение, пакеты прикладных программ, базы данных. Именно данные виды представлений аграрных знаний наиболее востребованы в экономике.

Рассмотрим в данной работе в качестве примера состояние информационных научных ресурсов на сайтах сельскохозяйственных научно-исследовательских учреждений (НИУ) и их влияние на развитие регионов. По данным, размещенным еще на сайте ФАНО, к началу 2018г. в сфере сельского хозяйства функционировало 191 НИУ. Из них только 185 НИУ имели и поддерживали сайты. Был проведен мониторинг содержимого этих сайтов в соответствии с анкетой (79 показателей) [2], на основе которого для дальнейшего анализа состояния информационных научных ресурсов была разработана методика оценки эффективности использования их.

По результатам проведённого общего анализа можно сделать следующие выводы. В целом полнота сайтов очень низкая и ещё очень далека от оптимальной, в среднем на сайтах присутствует чуть более пятой части (21,4%) всей необходимой информации. Даже у лидеров полнота чуть больше 30%. Анализ же информационных научных ресурсов (таб. 1) показал очень низкую полноту сайтов по этим показателям (8,5%), что значительно ниже средней полноты сайтов по всем показателям.

Таблица 1. Полнота показателей информационных научных ресурсов

Информационные научные ресурсы	Количество позиций	Полнота показателя, %
Публикации	4	23,9
Разработки	4	23,6
Пакеты прикладных программ (ППП)	4	1,9
Базы данных	4	2,2
Консультации	4	3,1
Дистанционное обучение	4	0,1
Нормативно-правовая информация	4	4,9
Итого	28	8,5

Публикации наиболее полно представлены на сайтах НИУ. В основном публикации выкладываются в виде неупорядоченного списка. На сайтах 122 НИУ из 185 присутствует 41230 публикаций в виде неупорядоченного списка, на сайтах 49 НИУ имеется 2840 полнотекстовых публикаций в неупорядоченном виде. Лишь на одном сайте публикации представлены в полноформатном электронном виде, отсортированные по тематике.

Разработки на большинстве сайтов НИУ (126 НИУ из 185) также представлены в виде неупорядоченного списка (6938 разработок), причем лишь в offline режиме. Лишь на сайтах 5 НИУ представлены 327 разработок в упорядоченном полноформатном электронном виде.

Информация о пакетах прикладных программ присутствует лишь на 14 сайта НИУ (120 ППП) опять же в offline режиме.

Данные о базах данных имеются лишь на 16 сайтах. На сайтах 9 НИУ представлены 40 БД в виде неупорядоченного списка, на сайтах 3 НИУ имеется 8 полнотекстовых БД в неупорядоченном виде. На сайтах 3 НИУ имеются 37 БД в упорядоченном полноформатном электронном виде.

На сайтах 23 НИУ представлена информация о 238 консультантах только в виде неупорядоченного списка. Данные о дистанционном обучении имеется лишь на одном сайте.

Нормативно-правовая информация присутствует на 36 сайта НИУ в виде неупорядоченного списка: на сайтах 15 НИУ перечислены 469 документов. Конечно, для сайтов 185 НИУ перечисленное количество нормативно-правовой информации незначительно.

2 Влияние реформирования науки на представление информационных научных ресурсов в Интернете

Анализ показал, что проходящая в настоящее время реструктуризация НИУ в некоторых случаях оказывает отрицательное воздействие на состояние их сайтов. Созданные ФИЦ и ФНЦ, в лучшем случае, поддерживают свои прежние сайты, на которых лишь располагают краткую информацию о

присоединившихся НИУ (руководство, структура, контакты). Сайты присоединившихся НИУ чаще всего не поддерживаются или вообще ликвидируются, а находящаяся на них информация о публикациях, научных разработках и т. д. не переносится на сайты головных организаций. В результате ценная информация о результатах деятельности НИУ не доходит до потребителя. Таким образом, появилось много малоинформативных сайтов, дающих скудную информацию о научных ресурсах НИУ. ФАНО же планировало, что ФИЦ и ФНЦ должны быть лидерами в научной среде и, частности, в информатизации, и иметь сайты, на которые должны равняться остальные НИУ. Данный процесс отрицательно скажется и на формирование региональных цифровых платформ информационных научных ресурсов.

В качестве первого шага устранения данной проблемы и последующей интеграции всех научных и образовательных ресурсов (ИНОР) необходимо, чтобы Министерство науки и высшего образования РФ, Рособрнадзор включило показатели ИНОР в требования, предъявляемые к информационному наполнению сайтов ВУЗов и НИУ, поскольку ВУЗы и НИУ игнорируют размещение ИНОР на сайтах в необходимом и удобном для большинства пользователей виде.

3 Влияние информационных научных ресурсов на развитие регионов

В качестве инструмента оценки влияния информационных научных ресурсов на развитие регионов был выбран метод статистического анализа построенного рейтинга сельскохозяйственных НИУ и следующих региональных рейтингов: рейтинг регионов по уровню зарплаты в сельском хозяйстве (торгово-информационная система "Agro2b"), рейтинг регионов по уровню жизни (деловой еженедельник "Профиль"), рейтинг регионов по социально-экономическому уровню (агентство "Credinform"), рейтинг по устойчивому развитию регионов (рейтинговое агентство "Интерфакс"), рейтинг социально-экономического положения регионов (рейтинговое агентство "РИА Рейтинг"), рейтинг регионов по производству сельскохозяйственных продуктов (издание "Ежедневные новости Владивостока"). Для установления связи между приведёнными выше рейтингами были использованы два наиболее известных метода [2, 3].

Первый относится к расчету попарных связей между рангами или коэффициентов корреляции Спирмена, которые рассчитываются по формуле: $\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$, где d — разность двух рангов, n — число пар рангов. Типичная интерпретация полученных коэффициентов корреляции Спирмена такова: от 0,3 и менее – слабая теснота связи; от 0,3 до 0,7 – умеренная теснота связи; свыше 0,7 – высокая теснота связи.

Расчеты показали, что корреляция значима лишь для рейтинга НИУ и рейтинга регионов по производству сельскохозяйственных продуктов. Скорее всего, здесь первично экономическое развитие регионов, сильные регионы способны содержать и сильные НИУ. Корреляция на этот вопрос ответа не даёт ответа, так как является величиной полностью симметричной.

Второй метод - вычисление коэффициента конкордации Кендалла. Данный коэффициент характеризует степень близости ранжирований (в данном случае региональных рейтингов). Величина коэффициента конкордации Кендалла $W = 0.36$ говорит о наличии слабой степени согласованности рейтингов, представленных в списке.

Литература

1. *Ерешко Ф.И., Кульба В.В., Меденников В.И*. Реализация цифровой платформы АПК на основе идей А.И. Китова и В.М. Глушкова об ОГАС // Цифровая экономика, 2018. [Электронный ресурс]. – URL: http://digital-economy.ru/stati/realizatsiya-tsifrovoj-platformy-apk-na-osnove-idej-a-i-kitova-i-v-m-glushkova-ob-ogas (дата обращения 22.02.2019).
2. *Меденников В.И., Сальников С.Г., Личман А.А*. Эффективность использования информационных интернет-ресурсов научно-исследовательских учреждений аграрного направления. – М.: Аналитик, 2018. –237с.
3. *Айвазян С.А*. Теория вероятностей и прикладная статистика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ: МЕТОД КВАЗИ-РЕКУРРЕНТНЫХ ТОЧЕК НА ПЛОСКОСТИ ПУАНКАРЕ

Клепарский В.Г., Шейнис В.Е.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kleparvg@ipu.ru, scheynis@yandex.ru

Аннотация: С использованием "пассивного эксперимента" и метода квази-рекуррентных точек на секущей плоскости Пуанкаре выявлена устойчивая зависимость величины удельного регионального валового внутреннего продукта от плотности населения для трех сложившихся групп регионов Германии, что позволяет прогнозировать перспективы их динамики развития.

Ключевые слова: региональное развитие, секущая плоскость Пуанкаре, валовой внутренний продукт, располагаемый доход.

Введение

Решение проблем устойчивого развития регионов любой крупномасштабной социально-экономической системы (страны) требует роста значений удельного регионального валового внутреннего продукта ($ВВП_{рег}$/чел) и повышения размеров удельного регионального располагаемого дохода ($РД_{рег}$/чел). Все это невозможно без устойчивого роста совокупного производительного потенциала (СПП) для регионов.. В условиях ограниченного поступления внешних инвестиций и экономических санкций (как это имеет место, например, для России) решение этих проблем может быть реализовано эффективным наращиванием и оптимальным использованием нематериальных активов – человеческого потенциала (ЧП) – как основной составляющей СПП (порядка 60-70% по данным [1]). Такой подход становится еще более актуальным в контексте ограниченных трудовых (демография), финансовых и сырьевых ресурсов. Изучение действенности предпринимаемых управленческо-организационных мероприятий на эффективность использования ЧП (и такой его важнейшей составляющей, как сопутствующее институциональное окружение) становится целевой задачей предиктивного управления. Такое изучение может быть выполнено по результатам наблюдений за ходом социально-экономического развития регионов – методом "пассивного эксперимента" с применением модификации метода трансверсальной секущей плоскости Пуанкаре (см., например, [2]). Предлагаемы подход позволяет осуществить наглядное сопоставление особенностей динамики успешного развития регионов с различными исходными состояниями экономики и открывает возможность прогнозирования дальнейших перспектив их развития, что придает исследованиям в данном направлении фундаментальное значение.

1 Исходные модельные представления

Важнейшее влияние на формирование "русла" притягивающих решений (канала аттракции по терминологии нелинейной динамики) оказывают институциональные структуры, создаваемые и контролируемые иерархией управления региона. Сложность чисто теоретического исследования особенностей взаимодействия внутрирегиональных динамических взаимосвязей делает предпочтительным изучение управляемой самоподстройки экономики региона по результатам наблюдений за ходом социально-экономического развития – методом "пассивного эксперимента". Соответствующее структурирование данных "пассивного эксперимента" может быть реализовано применением модернизированного метода трансверсальной секущей плоскости Пуанкаре. Модификация метода Пуанкаре позволяет заменить анализ результатов многократного (в течение достаточно длительного периода времени) прохождения секущей плоскости траекторией одиночной исследуемой системы изучением результатов однократного (в течение достаточно краткого интервала времени) прохождения трансверсальной секущей плоскости пучком траекторий набора (ансамбля) сложившихся однородных систем (смотри, например, в [2]). Выбор в качестве оси-аргумента секущей плоскости Пуанкаре такой интегративной характеристики ЧП, как плотность населения, а в качестве оси-ординаты – величины $ВВП_{рег}$/чел, позволяет, минуя часто неполные данные статистической службы, осуществлять не только сравнительный (в пределах группы однотипных регионов) анализ результатов эффективности регионального управления, но и прогнозировать динамику развития региона.

2 Исследование динамики развития регионов (федеральных земель) Германии.

Для проведения "пассивного эксперимента" были выбраны федеральные земли Германии – страны, добившейся внушительных успехов в процессе социально-экономического развития. Достигнутые федеральными землями значения удельного регионального валового продукта -

$ВВП_{рег}$/чел, величины удельного располагаемого дохода $РД_{рег}$/чел, также как и характерные для регионов отношения реального сектора экономики к сектору услуг сконцентрированы в Таблице 1.

Таблица 1 Основные социально-экономические характеристики некоторых федеральных земель Германии

	Федеральная земля	**Население млн. чел.**	**Плотность населения чел/км.кв.**	**реальн. сек-тор/услуги**	**$ВВП_{рег}$/чел тыс. Евро**	**$РД_{рег}$/чел. тыс. Евро**	**Доля $РД_{рег}$/ч в $ВВП_{рег}$/ч**
1	Гамбург	1,787	2260	18/82	60,9	23,86	0,39
2	Бремен	0,671	1552	28/72	46,75	21,3	0,46
3	Бавария	12,843	175,73	35/65	42,95	23,66	0,55
4	Нижняя Сак-сония	7,927	163,36	31/68	32,59	20,82	0,63
5	Рейнланд-Пфальц	4,053	201	34/64	33,6	22,3	0,66
6	Шлезвиг-Гольштейн	2,859	177,23	24/75	30,48	21,96	0,72
7	Саксония	4,085	220,24	32/67	27,9	18,7	0,67
8	Тюрингия	2,171	135,3	34/65	27,17	18,4	0,68
9	Бранденбург	2,484	83,3	27/72	26,85	18,9	0,70

По результатам “пассивного эксперимента”, выполненного по данным [3,4], были построены зависимости достигнутых регионами значений $ВВП_{рег}$/чел от величины плотности населения – Q в сложившейся группе регионов.

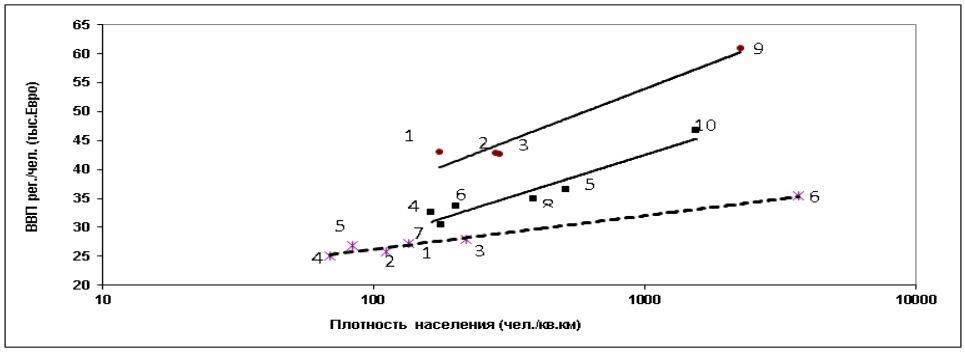


Рис. 1 Зависимость удельного регионального валового продукта - ВВПрег./чел от плотности населения- Q региона для трех групп федеральных земель Германии.

Представленные на Рис. 1 зависимости $ВВП_{рег}$/чел = F(Q) показывают наличие трех сложившихся групп. К первой группе – верхняя линия на Рис. 1 – относятся высокоразвитые “старые” федеральные земли: 1. – Бавария, 2. – Баден-Вюртемберг, 3. – Гессен, 9.- Гамбург. Средняя линия характеризует ход зависимости $ВВП_{рег}$/чел = F(Q) для остальных “старых” федеральных земель: 4.- Рейнланд-Пфальц, 5. – Северный Рейн-Вестфалия, 6. – Нижняя Саксония, 7. – Шлезвиг-Гольштейн, 8. – Саар, 10. – Бремен. Нижняя (прерывистая) линия характеризует динамику развития для “новых” федеральных земель: 1. – Тюрингия, 2. – Саксония-Ангальт, 3. – Саксония, 4. – Мекленбург, 5. – Бранденбург, 6. – Берлин.

3 Обсуждение результатов исследования регионального развития

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить, прежде всего, что наивысшие значения величины ВВПрег/чел были достигнуты Гамбургом – федеральной землей-мегаполисом, центром логистических услуг. Достигнутое федеративной землей Бавария (точка 1 на Рис. 1) значение ВВПрег/чел существенно превышает значения ВВПрег/чел, реализованные землями Рейнланд-Пфальц (точка 4), Нижняя Саксония (6) и Шлезвиг-Гольштейн (7) – землями с примерно такими же значениями плотности населения Q. Все эти земли (за исключением Шлезвиг-Гольштейна) имеют примерно одинаковое отношение реального сектора к сектору услуг. Достигнутое Баварией высокое значение ВВПрег/чел = 42,95 тыс. Евро, позволяет реализовать одновременно и высокое значение удельного располагаемого дохода (РДрег/чел = 23,66 тыс. Евро) и высокое значение их разности Δрег/чел = 19,29 тыс. Евро, остающейся для развития. Такой факт делает возможным

реализацию Баварией высокого уровня образования, медицины, расходов на инновационное и технологическое развитие и исследовательскую активность - ИТРИАрег/чел (см., например, [2]). Все эти положительные результаты обеспечивают благоприятный климат для дальнейшего повышения достигнутого уровня человеческого потенциала. Отметим, что сравнительно удовлетворительное социально-экономическое состояние Шлезвиг-Гольштейна (РДрег/чел ≈ 22 тыс. Евро при ВВПрег/чел = 30,48 тыс. Евро) можно объяснить соседством процветающего Гамбурга. Для "новых" федеральных земель результаты "перестройки" не привели к существенному росту величины ВВПрег/чел и разности Δрег/чел (даже при сравнительно малых значениях РДрег/чел ≈ 18,5 тыс. Евро). Для Саксонии, например, Δрег/чел = 9,2 тыс. Евро, для земли Бранденбург Δрег/чел = 7,95 тыс. Евро, что существенно ограничивает возможности по развитию образования, проведению научно-технических разработок и деятельность по совершенствованию институциональных структур. Такое положение влечет за собой отлив квалифицированных работников в другие регионы, что делает перспективы успешного догоняющего развития трудно реализуемыми.

4 Основные результаты

Проведенное исследование показывает устойчивую зависимость величины $ВВП_{рег}$/чел от значений плотности населения Q для всех трех сложившихся групп регионов Германии. Выявлено успешное (по сравнению с землями Рейнланд-Пфальц, Нижняя Саксония и Шлезвиг-Гольштейн – "старыми" землями с примерно такими же значениями плотности населения Q) развитие федеральной земли Баварии. Такое положение Баварии можно объяснить умелым проведением управленческо-организационных мероприятий, нацеленных на развитие человеческого потенциала с опорой на исторически сложившуюся культурно-правовую самоиндентификацию этой федеральной земли. Как подчеркивается правящей партией ХСС, "труд – это больше, чем возможность заработка, это выражение достоинства личности, он служит ее развитию и самореализации". Для России, ускоренное развитие регионов которой сдерживается ограниченным поступлением внешних инвестиций в условиях финансово-экономических санкций, такой путь успешного развития является показательным примером.

Литература

1. *Мельянцев В.А.* Проблемы и факторы становления современного (интенсивного) экономического роста в странах Запада, Востока и в России.//История и синергетика. – М.: URSS,2005.
2. *Клепарский В.Г., Шейнис В.Е.* Управление развитием региона: инвестиции, человеческий потенциал, совершенствование институциональной структуры.// АиТ, 2018, № 4, С.138-151.
3 .https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2017113
4. https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/SNHeft_derivate_00005191f.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ: ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

Клепарский В.Г., Клепарская Е.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kleparvg@ipu.ru

Аннотация: По данным "пассивного эксперимента" с применением модифицированного метода секущей плоскости Пуанкаре проведена идентификация динамики развития регионов Дальнего Востока России в сравнении с Японией, Южной Кореей, с приграничными провинциями Китая, и с регионами Франции Выявлен ход зависимости удельного валового внутреннего продукта от плотности населения региона.

Ключевые слова: динамика развития региона, человеческий потенциал, плотность населения.

Введение

Одной из важнейших проблем улучшения социально-экономического положения России является вывод регионов Дальнего Востока на режим устойчивого развития. Малая населенность данных регионов делает при этом необходимым обеспечение их привлекательности не только для инвестиций в физический капитал и инфраструктуру, но и для притока нематериальных активов. Этот многомерный и многоуровневый процесс осложняется, однако, тем фактом, что величина совокупного производительного потенциала (СПП) региона – основного источника "движущих сил

эволюции" – в значительной мере (на 60-70% по данным [1]) задается сложно учитываемыми нематериальными активами (человеческим потенциалом – ЧП). Величина этих активов определяется не только состоянием региональной медицины и образования, но и сложившимся уровнем самоидентификации населения региона (и верхних уровней иерархии управления региона в особенности). Именно уровень самоотождествления в значительной мере определяет адекватность функционирования созданных институциональных структур поставленной задаче: повышение благосостояния через рост удельного регионального валового внутреннего продукта – $ВВП_{рег}$/чел. Задачей нацеленного на перспективу управления становится выявление и оценка ожидаемого позитивного влияния предусматриваемых изменений ЧП (и такой его интегративной характеристики, как плотность населения). Исследования в данном направлении могут быть выполнены по результатам наблюдений за ходом социально-экономического развития регионов – методом "пассивного эксперимента" с применением модификации метода трансверсальной секущей плоскости Пуанкаре (см., например, [2]). Такой подход позволяет осуществить наглядное сопоставление особенностей динамики развития регионов с различными исходными состояниями экономики, с различными значениями плотности населения и открывает возможность идентификации динамики регионов и прогнозирования дальнейших перспектив их развития, что придает исследованиям в данном направлении не только фундаментальное, но и высокое прикладное значение.

1 Исходные модельные представления

Сложность чисто аналитического рассмотрения особенностей взаимодействия *внутрирегиональных динамических взаимосвязей делает предпочтительным изучение управляемой* самоподстройки экономики региона по результатам наблюдений за ходом социально-экономического развития – методом "пассивного эксперимента". Требуемое практикой управления снижение размерности решаемых задач открывается применением метода секущей плоскости Пуанкаре, когда изучение геометрии траекторий в многомерном фазовом пространстве сводится к изучению расположения точек их повторяющегося пересечения (рекуррентных точек) с двумерной секущей плоскостью – трансверсальным ("поперечным" к фазовому потоку) сечением. Модификация метода Пуанкаре (см., например, [2]) позволяет заменить анализ результатов многократного (в течение достаточно длительного периода времени) прохождения секущей плоскости траекторией одиночной исследуемой системы изучением результатов однократного прохождения трансверсальной секущей плоскости пучком траекторий набора (ансамбля) однородных систем. Применение модифицированного метода Пуанкаре позволяет по данным "пассивного эксперимента" для сравнительно небольшой группы исследуемых однотипных регионов получить двумерную карту квази-рекуррентных точек траекторного пересечения секущей плоскости. При этом в качестве аргумента-абсциссы трансверсальной секущей плоскости должна быть выбрана такая интегративная составляющая ЧП, которая с достаточной основательностью может быть применена в качестве одного из основных инструментов долгосрочного предиктивного управления. Изучение закономерностей развития малонаселенных регионов Дальнего Востока РФ и (в качестве сравнения) приграничных регионов Китая с существенно большей плотностью населения, вынуждает принять в качестве оси-аргумента (абсциссы трансверсальной секущей плоскости Пуанкаре) такую интегративную составляющую уровня ЧП изучаемой системы, как плотность населения – Q. Выбор в качестве оси-ординаты – величины $ВВП_{рег}$/чел, позволяет, минуя часто неполные данные статистической службы, осуществлять не только сравнительный анализ результатов эффективности регионального управления, но и получить зависимость $ВВП_{рег}$/чел = F(Q), позволяющую идентифицировать динамику развития региона и прогнозировать перспективы его дальнейшего развития в пределах сложившейся группы однотипных регионов.

2 Исследование динамики развития регионов Дальнего Востока России

Для изучения влияния изменений ЧП на динамику развития регионов – крупномасштабных социально-экономических систем (СЭС) – было предпринято изучение влияния величины плотности населения (важнейшей интегративной характеристикой ЧП региона) на величину удельного регионального валового продукта – $ВВП_{рег}$/чел. Для проведения "пассивного эксперимента" были выбраны регионы Дальнего Востока РФ, соседние приграничные регионы (провинции) КНР, регионы Франции – страны с высоким уровнем социально-экономического развития, и плотнонаселенные Япония и Южная Корея. По данным работ [3,4] были построены зависимости $ВВП_{рег}$/чел = F(Q), позволяющую не только фиксировать сравнительную эффективность управления (для сложившегося

ансамбля регионов), но и прогнозировать возможности дальнейшей эволюции отстающих регионов в исследуемой группе. Основные результаты работы представлены на Рис. 1.

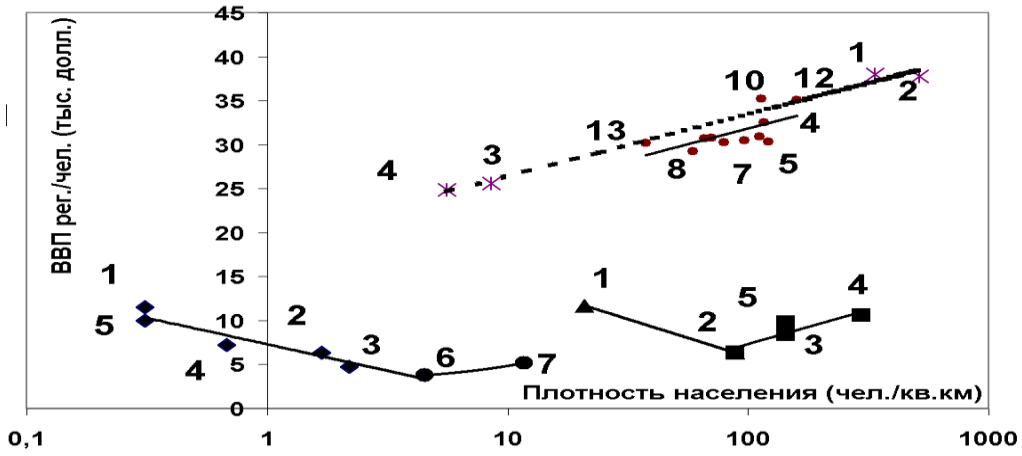


Рис. 1 Зависимость $ВВП_{рег}$/чел от плотности населения.

Нижняя левая линия на Рис. 1 имеет точки, характеризующие положение регионов Дальнего Востока РФ: 1 – Якутия, 2 – Хабаровский край, 3 – Амурская обл., 4 - Камчатский край, 5 – Магаданская обл., 6 – Еврейская АО, 7 – Приморский край.

Нижняя правая линия имеет точки, характеризующие положение приграничных провинций КНР: 1 – Внутренняя Монголия, 2 – Хэйлунцзян, 3 – Цзулинь, 4 – Ляонин, 5 – Китайская Народная Республика.

Поскольку на верхнем графике $ВВП_{рег}$/чел=F(Q) (прерывистая линия) имеет место значительный разрыв между точками для Сахалина (4), России (3) и Японии (1), Южной Кореи (2), была построена зависимость $ВВП_{рег}$/чел=F(Q) (верхняя сплошная линия) для регионов Франции. Верхняя сплошная линия имеет точки: 4 – Нормандия, 5 – Бретань,7 – Центр – Долина Луары, 8 – Бургундия – Франш-Конте, 10 – Овернь – Рона – Альпы, 12 – Прованс – Альпы – Лазурный берег, 13 – Корсика.

3 Обсуждение результатов

Данные, представленные на Рис. 1, позволяют заметить, что из регионов Дальнего Востока России лишь Сахалинская обл. ($ВВП_{рег}$/чел. = 24,9 10^3 долл./чел.) имеет сопоставимое с регионами Франции, с Японией и Южной Кореей значение величины $ВВП_{рег}$/чел. Такое положение Сахалина можно объяснить успешной реализацией нескольких проектов мирового уровня, связанных с добычей и транспортировкой углеводородов. За счет роста налоговых поступлений в областной бюджет иерархия управления Сахалинской области сумела осуществить диверсификацию региональной экономики, сосредоточив внимание на развитии агропромышленного комплекса, рыбной и угольной отраслей. Одновременно на Сахалине и Курилах происходит улучшение состояния социальной сферы: ЖКХ, здравоохранения, образования (см., например, [5]).

Все остальные регионы Дальнего Востока РФ могут быть объединены в группу сравнительно слабо развитых субъектов экономики. Относительно высокий уровень достигнутых значений $ВВП_{рег}$/чел для Якутии и Магаданской области можно объяснить сосредоточением в указанных регионах центров добычи высокоценных полезных ископаемых (алмазы – АЛРОССА в Якутии, золотодобывающая промышленность на Магадане). Можно предположить также, что тут сказывается и сложившийся уровень позитивной самоидентификации, что и обеспечивает достаточно высокий уровень адекватности функционирования региональных институциональных структур. Спад значений $ВВП_{рег}$/чел для Хабаровского края, Амурской обл. и Еврейской АО можно объяснить высокой долей “серой” самозанятости в лесопромышленном комплексе. Переход к положительному наклону зависимости $ВВП_{рег}$/чел от плотности населения для дальневосточных регионов России происходит лишь при переходе к Приморскому краю – региону с развитой промышленной и портовой инфраструктурой, с крупномасштабными проектами региональных индустриальных и постиндустриальных центров развития. Все это делает возможным выход экономики региона на более высокие ступени цепочки создания добавленной стоимости. Удельные региональные потери, задаваемые в значительной мере несовершенством функционирования институциональных структур иерархии управления региона, определяемые по сравнению с Сахалинской обл. и с РФ (точки 4 и 3 на прерывистой линии Рис. 1 соответственно), для Еврейской АО могут быть оценены величиной

Δинстит./чел ≈ 21,1 тыс.долл, а для Приморского края – величиной Δинстит./чел ≈ 20 тыс.долл. Такое отставание Еврейской АО и Приморского края от Сахалина вполне объяснимо меньшими поступлениями в региональный бюджет, меньшими расходами на социальную сферу – расходами, обеспечивающими привлекательность региона для материальных и нематериальных активов.

4 Основные результаты исследования

С применением модернизированного метода секущей плоскости Пуанкаре, посредством "пассивного эксперимента" (для регионов Дальнего Востока России, для Японии, Южной Кореи, приграничных провинций КНР, регионов Франции) выявлен ход зависимости величины $ВВП_{рег}$/чел от величины плотности населения региона. Впервые предложен метод оценки величины удельных региональных потерь, обусловленных несовершенством институциональной составляющей человеческого потенциала региона. Предложенный подход может быть использован при проведении управленческо-организационных мероприятий в процессе повышения темпов регионального развития.

Литература

1.*Мельянцев В.А.* Проблемы и факторы становления современного (интенсивного) экономического роста в странах Запада, Востока и в России.//История и синергетика. – М.: URSS,2005.

2. *Клепарская Ек.В., Клепарский В.Г.* Оценка изменений групповой устойчивости крупномасштабных производственных систем в кризисной ситуации. // АиТ, 2016, № 7, С.142-151.

3. *Огородников В.* Свой Восток. //Эксперт, 2016, № 3, С.15-30.

4. Institut National de la statistique et des etudies economiques. Paris, 2018 – www.insee.fr .

5. *Горбунов В.* Сахалинская область. Островной прорыв. // Эксперт,2018, № 36, С.84-89.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ (РЕГИОНАЛЬНЫХ, ГОРОДСКИХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Косоруков О.А.[1], Овсяник А.И.[2], Данилина М.В.[2], Сидоренко Г.Г.[2], Родионов А.С.[2], Романченко Л.Н.[2], Сидоренко О.Г.[3], Буслаев С.И.[2]

[1]Высшая школа управления и инноваций МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

kosorukovoa@mail.ru,

[2]Кафедра безопасности жизнедеятельности Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва, ул. Кибальчича, д.1

ovsyanik58@gmail.com, marinadanilina@ya.ru, ggsidorenko@fa.ru, rod-ionov@bk.ru, LNRomanchenko@fa.ru, SIBuslaev@fa.ru,

[3]ФГКВОУ ВО «Московское высшее общевойсковое командное училище», Россия, г. Москва

ggsidorenko@fa.ru

Аннотация: Управление развитием территории включает ряда действий для стимулирования развития экономики, при этом важной задачей является обеспечение устойчивого функционирования территорий и подготовка предложений по улучшению в контексте возможных дестабилизирующих событий. В статье представлена количественная оценка устойчивости состояния территории (региональная, городская и муниципальная системы).

Ключевые слова: управление, региональная система, развитие, территория, оценка, индикатор.

Введение

Развитие региональных, городских и муниципальных систем предполагает наличие механизма управления экономикой региона. По мнению ряда авторов (Р. Шнипера, О. Ромашова и др. [1]), механизм управления должен учитывать, что: 1) регион, город или муниципальное образование (РГМО) является неотъемлемой частью единой системы производительных сил и производственных отношений;

2) РГМО обладает прямыми и обратными производственно экономическими, ресурсными, научно техническими, финансово кредитными и социальными связями с хозяйственным комплексом страны;

3) в РГМО осуществляются полные циклы воспроизводства (переселение, убыль) населения и трудовых ресурсов, основных и оборотных фондов, части национального богатства, денежного обращения, отношения по поводу производства, распределения, обмена и потребления продукции;

4) к компетенции РГМО относится планирование развития хозяйственного комплекса, финансирование, кредитование, денежное обращение, подготовка и рациональное использование трудовых ресурсов и природного комплекса в соответствии с его специализацией, участием в территориальном разделении труда, а также социальные обязательства.

В связи с этим ключевым фактором успеха РГМО управления будет являться именно его механизм, включающий организационно-штатную структуру, технологию взаимодействия и т.д.

1 Управление устойчивым развитием территории

1.1 Управление устойчивостью территорий (региональные, городские и муниципальные системы)

Основным требованием к механизму управления экономикой территориальной системы РГМО является его гибкость и способность реагировать на изменения в целевой направленности развития региональной экономики в зависимости от изменения целей и задач, меняющихся в соответствии с общей стратегией развития государства. Управление развитием РГМО связано с проблемой обеспечения устойчивого функционирования территорий. Обеспечение устойчивого функционирования территорий в условиях возможного снижения ресурсов жизнеобеспечения и воздействия поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера – одна из важнейших задач безопасности жизнедеятельности общества, а некоторых, редких случаях и суверенитета государства.

Это обусловлено с одной стороны дальнейшим развитием науки, технологий, образования, ростом качества человеческого капитала, а с другой стороны возрастающей зависимостью функционирования территориальных образований от всех видов обеспечивающих ресурсов (энергоснабжения, водоснабжения, теплоснабжения, интернета, беспроводной связи и др.).

Если, ранее оценивая устойчивость территорий основной упор делался на возможное применение современных средств поражения при различных видах вооруженных конфликтов, то в современных условиях основными источниками дестабилизации обстановки рассматриваются такие как прекращение (ограничение) подачи обеспечивающих ресурсов и формирование источников ЧС природного и техногенного характера, а также изменение взаимоотношений между представителями власти и населением (применение фэйковых новостей и т.п.).

Кроме того, необходимо отметить особенности современного этапа развития технологий, которые вне всякого сомнения, оказывают существенное влияние на решение обозначенной задачи. Информационная эра сменилась эрой цифровой, это обусловлено появлением технологии bigdata, которая позволяет использовать фактически неограниченное количество сырых, необработанных данных.

Сегодня такими технологиями обладают несколько центров – Россия, Северная Америка, Китай. Другая особенность – широкое внедрение облачных технологий, что позволяет хранить большие объемы информации на «облаке», с возможностью моментальной обработки.

Следующей особенностью современности является то, что ключевая компетенция переместилась из предметной области в задачу совершенствования цифровой платформы, позволяющей эффективно реализовывать возложенные на нее функции в рассматриваемой предметной области.

Кроме того, появился искусственный интеллект, что позволяет автоматизировать процессы выработки и принятия решения в рамках рассматриваемой целевой задачи.

1.2 Проблема количественной оценки устойчивого функционирования территории

Все указанные особенности должны учитываться при рассмотрении основополагающих подходов оценки устойчивого функционирования территорий и подготовки предложений по ее совершенствованию в условиях вероятных дестабилизирующих событий. При решении задачи количественной оценки устойчивого функционирования территории целесообразно выделить элементы (j) территории, обеспечивающие выполнение определённых функций. Обозначим:

$Pij(t)$ – вероятность устойчивого функционирования i-го элемента ресурсного обеспечения j-ой зоны за период времени до момента t;

$PCij\ k\ (t)$ - вероятность отсутствия поражающего воздействия на i-ый источник ресурсного обеспечения от k-го вида ЧС на территории j-ой зоны за период времени до момента t.

Тогда вероятность устойчивого функционирования j-ой зоны определяется следующим образом:

$Pj\ (t) = \prod Pij(t) \prod PCij\ k\ (t)\ lj\ k{=}1\ mj\ i{=}1$ (1) Оценку устойчивого функционирования территории вычислим как:

$PT(t) = \prod Pj\ (t)\ n\ j{=}1$ (2) Подставив (1) в (2), получим оценку вероятности устойчивого функционирования территории:

$PT(t) = \prod \prod Pij(t) \prod PCij\ k\ (t)\ lj\ k{=}1\ mj\ i{=}1\ n\ j{=}1$ (3)

Указанный подход может быть использован для оценки устойчивости территории.

2 Построение модели взаимодействия

На основании вышеизложенного формируются модели взаимодействия между элементами обеспечивающих ресурсов и источниками чрезвычайных ситуаций с одной стороны и территорией, источниками чрезвычайных ситуаций и элементами обеспечения функционирования территорий, с другой стороны.

2.1 Определение существующих связей между всеми элементами сложной системы

Применив определение устойчивости территории, установим общие зависимости для определения количественного показателя ее характеризующего.

Существует несколько определений этого термина не противоречащих друг другу. Устойчивость функционирования территорий рассматривается с одной стороны как способность поддерживать производство продукции в установленных номенклатуре и объёме, обеспечивать жизнедеятельность населения. С другой стороны – как способность удовлетворять основные жизненно-важные интересы населения и общества при уровне, обеспечивающем защиту от опасностей при ЧС природного и антропогенного характера. Таким образом, можно выделить три основные составляющие поддержания устойчивости территории: 1) обеспечение жизнедеятельности населения; 2) производственные возможности экономики; 3) количество пострадавших на рассматриваемой территории за заданный промежуток времени. При этом воздействие характеризуется степенью поражения РГМО.

2.2 Количественные значения критериев устойчивости

Важно определить количественные значения критериев устойчивости жизнедеятельности территорий. Ряд научных исследований, выполненных в рамках повышения устойчивости функционирования народного хозяйства при угрозе применения оружия массового поражения (ОМП), а в настоящее время и высокоточных боеприпасов позволили получить следующие оценки уровня хозяйственно-экономической деятельности субъекта федерации как административно-хозяйственной единицы (в контексте данного исследования - территории).

При значении показателя уровня хозяйственно-экономической деятельности - 0,75 ÷ 0,8 - территория способна своими силами восстановить нарушенное производство и продолжить хозяйственно-экономическую деятельность. Если значение находится в пределах 0,5 ÷ 0,75 - территория может восстановить хозяйственно-экономическую деятельность только при оказании помощи со стороны федеральных властей и соседних территорий. При значении менее 0,5 - территория как самостоятельная административно территориальная единица на длительное время выпадает из баланса хозяйственно-экономической деятельности страны.

Считаем целесообразным применить указанные подходы для решения задач оценки устойчивости функционирования территории в условиях воздействия источников ЧС природного и техногенного характера и возможного снижения (прекращения) подачи обеспечивающих ресурсов с целью обеспечения жизнедеятельности населения.

Заключение

Таким образом производится расчет трех показателей, характеризующих устойчивость территории: производственных возможностей экономики, степени обеспеченности населения ресурсами жизнедеятельности, количество пострадавших.

При сравнении их определяется минимальное значение, которое принимается в качестве количественной оценки устойчивости территории. Предложенный подход носит концептуальный характер, тем не менее, он позволяет сформировать алгоритм количественной оценки устойчивости конкретной территории для принятия управленческих решений.

Литература

1. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с. Буреш О.В., Прядкина Н.Н., Исхакова А.Ф. Управление региональным развитием // Вестник ОГУ №13 (149)/декабрь 2012, с.63-67.

2. Региональное и муниципальное управление социально-экономическим развитием в Сибирском федеральном округе / под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОППСОРАН, 2014. – 400 с
3. А.И. Овсяник, В.А. Седнев, И.М. Тетерин Учебное пособие: Предупреждение чрезвычайных ситуаций, Москва 2007г Издательство: МЧС России, АГПС, 272 с.
4. В.Ф. Воскобоев Концепция построения оценки устойчивости функционирования территории. Журнал: научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2014 г. No1.
5. В.Н. Юсим Управление промышленным развитием в условиях отсталой технологической среды: Монография / В.Н. Юсим, М.В. Афанасьева, А.В. Быстров. - М.: Инфра-М, 2018. - 416 с.

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ И ДИРЕКТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Кононов Д.А.
Российский государственный гуманитарный университет,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
dmitrykon52@gmail.com,
Фуругян М.Г.
Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра "Информатика и управление" РАН, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 40
rtsccas@yandex.ru

Аннотация. Предложены новые методы управления региональными проектами. Исследуется задача существования допустимого расписания для комплекса работ с нефиксированными параметрами их выполнения в зависимости от имеющихся ресурсов и директивных сроков. Решение основано на сведении исходной задачи к задаче о потоке минимальной стоимости в сети. Предложены области использования полученных результатов в региональных и муниципальных системах.

Ключевые слова: региональные проекты, эффективное управление, многопроцессорное расписание, директивный срок, ресурсообеспечение.

Введение

При разработке и функционировании крупномасштабных систем, таких, как производственные комплексы, транспортные сети, различные системы мониторинга и анализа больших массивов экономической и экологической информации, сложных технических объектов (самолеты, ядерные реакторы, конвейерные системы, другие объекты деятельности человека), при строительстве крупных объектов возникает необходимость в решении задач планирования выполнения комплекса работ. Результатом такого планирования является расписание, показывающее временные интервалы выполнения, номенклатуру и объем выделяемых ресурсов и т.п. Особую актуальность указанные задачи планирования имеют на муниципальном и региональном уровнях, поскольку требуют четкого распределения используемых временных, организационных, экономических и финансовых ресурсов при их существенной ограниченности по сравнению с объемами ресурсов, выделяемых для реализации федеральных программ. Важнейшими контрольными параметрами процесса управления региональными и муниципальными проектами являются директивные сроки исполнения их этапов и комплекса работ в целом. При этом сроки выполнения существенно зависят от выделенных ресурсов.

Вопросам эффективного управления региональными проектами посвящён ряд работ [1-5]. Для региональных проектов принципиально важно учитывать следующие их особенности как объектов управления: наличие социальных объектов управления (СОУ); относительная обособленность функционирования региональных организационных структур; достаточная самостоятельность принятия и исполнения решений; особенности внутреннего развития.

Задачам планирования работ и составления расписаний посвящено большое число публикаций. Следует указать работу [6], где систематизируются задачи по теории расписаний и приводятся алгоритмы решения большого числа задач. Там описаны методы построения расписания выполнения работ, как допускающих прерывания и переключения с одного механизма управления на другой, так и непрерываемых работ; рассматриваются постановки, в которых имеющееся множество работ выполняется как сосредоточенным исполнителем (механизмом, процессором), так и распределенным многомашинным (многопроцессорным) комплексом. В [7] рассмотрена задача составления

расписания для случая, когда помимо исполнителей-механизмов имеется дополнительный ресурс, выделяемый для проведения работ.

В настоящей работе рассматривается задача существования допустимого многопроцессорного расписания с прерываниями при наличии дополнительного ресурса. Определяются минимально допустимые величины дополнительного ресурса и директивных сроков, при которых существует допустимое расписание. При этом в качестве управляющих воздействий эффективного выполнения комплекса работ могут служить определение директивных сроком работ, а также объем дополнительно выделенных ресурсов.

Постановка задачи

Рассмотрим многомашинный комплекс, состоящий из m идентичных исполнительных механизмов (ИМ), с помощью которых выполняется совокупность работ (заданий) $W = \{w_1, w_2, ..., w_n\}$. Помимо ИМ имеется дополнительный ресурс не возобновляемого типа в количестве R. Каждая работа $w_i \in W$ характеризуется моментом готовности b_i, директивным сроком f_i (выполнение работы w_i может быть начато не ранее момента ее готовности b_i и должно быть завершено не позднее директивного срока f_i), а также длительностью τ_i, которая линейно зависит от количества r_i выделенного ей дополнительного ресурса: $\tau_i = \tau_i^0 - a_i r_i$, где τ_i^0 – длительность работы w_i в случае, если дополнительный ресурс ей не выделен, $0 \le r_i \le r_i^0$, $r_i^0 > 0$, $a_i > 0$, $\tau_i^0 - a_i r_i^0 > 0$, $i = \overline{1, n}$, $\sum_{i=1}^{n} r_i \le R$ (τ_i^0, r_i^0, a_i – заданные числа). Одновременное выполнение одной работы несколькими ИМ, а также одновременное выполнение одним ИМ нескольких работ не допускается. При выполнении работ допускаются прерывания и переключения их с одного ИМ на другой. Предполагается, что временем на выполнение прерываний и переключений можно пренебречь. В [7, 8] описан алгоритм построения допустимого расписания (расписания, при котором каждая работа полностью выполняется в своем директивном интервале). Алгоритм основан на построении сети специального вида и сведении задачи построения расписания к задаче о потоке минимальной стоимости в этой сети. В настоящей работе исследуются следующие задачи.

1) Определяется минимальная величина $R_{\min}$ дополнительного ресурса, при которой существует допустимое расписание (при фиксированных моментах готовности b_i и директивных сроках f_i).

2) Если допустимого расписания не существует, определяется минимальная величина $h > 0$, на которую следует увеличить директивные сроки f_i, $i = \overline{1, n}$, чтобы добиться существования допустимого расписания (при фиксированных моментах готовности b_i и величине дополнительного ресурса *R*).

3) Если допустимое расписание существует, определяется максимальная величина $h > 0$, на которую можно уменьшить директивные сроки f_i, $i = \overline{1, n}$, и при этом допустимое расписание, по-прежнему, будет существовать (при фиксированных моментах готовности b_i и величине дополнительного ресурса *R*).

Задача коррекции времен готовности b_i решается аналогично. При решении задачи коррекции директивных сроков рассматриваются три частных случая: а) вложенные директивные интервалы ($b_i < b_{i+1}$, $f_i > f_{i+1}$, $i = \overline{1, n-1}$); б) монотонные времена готовности и директивные сроки ($b_i < b_{i+1}$, $f_i < f_{i+1}$, $i = \overline{1, n-1}$, $b_n < f_1$); в) интервалы с общим директивным сроком ($f_i = F$, $i = \overline{1, n}$).

Заключение

Предлагается новый взгляд на проблему управления региональными проектами, в том числе инвестиционных, социальных, инновационных, организационных, экономических и других типов. Суть предлагаемой методологии заключается в использовании различных инструментов управления на этапах жизненного цикла проекта, основанных на принципах оптимального планирования его выполнения.

Исследована задача существования допустимого многопроцессорного расписания с прерываниями при наличии дополнительного ресурса. Определена минимальная величина дополнительного ресурса,

при которой существует допустимое расписание (при фиксированных директивных интервалах). В случае, когда допустимого расписания не существует, определена минимальная величина, на которую следует увеличить директивные сроки, чтобы добиться существования допустимого расписания (при фиксированных моментах готовности и величине дополнительного ресурса). В случае, когда допустимое расписание существует, определена максимальная величина, на которую можно уменьшить директивные сроки, и при этом допустимое расписание, по-прежнему, будет существовать (при фиксированных моментах готовности и величине дополнительного ресурса).

Литература

1. Архипова Н.И., Кононов Д.А., Кульба В.В. Методы анализа и синтеза сценариев группового управления региональными объектами /Проблемы регионального и муниципального управления. Сб. докладов междунар. научн. конф., Москва, 21 апреля 2010 г. – М.: 2010. с.3-6.

2. Архипова Н.И., Кононов Д.А., Кульба В.В. Механизмы управления региональными системами: оптимизация проектов структурных преобразований //Проблемы регионального и муниципального управления. Материалы Международной конференции. 28 мая 2003 г. – М.: РГГУ. 2003. С. 44-51.

3. Архипова Н.И., Кононов Д.А., Кульба В.В. Управление в региональных социальных системах как объект моделирования //Проблемы регионального и муниципального управления. Материалы Международной конференции. 18 мая 2000 г. – М.: РГГУ. 2000. С. 38-39.

4. Кононов Д.А. Интегральная компромиссная оценка социально-экономического развития региона //Проблемы регионального и муниципального управления. Тезисы докладов и сообщений международной конференции. Москва, 27-28 мая 1999 г. – М.: РГГУ. 1999. С. 195-196.

5. Кононов Д.А., Косяченко С.А., Кульба В.В. Формирование региональных сценариев поведения в АСУ ЧС //А и Т. № 8. 2000. С. 155-167.

6. Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984. – 384 с.

7. Косоруков Е.О., Фуругян М.Г. Некоторые алгоритмы распределения ресурсов в многопроцессорных системах // Вестн. МГУ. Сер. 15, Вычисл. математика и кибернетика. 2009. № 4. С. 34 – 37.

8. Фуругян М.Г. Оптимальная коррекция директивных интервалов в задаче построения многопроцессорного расписания с дополнительным ресурсом // Изв. РАН. ТиСУ. 2015. № 2. С. 107 – 116.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СЦЕНАРНОМ ИССЛЕДОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Косяченко С.А., Грузман В.А., Богатырева Л.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
sakos@ipu.ru, gruzman@ipu.ru, lbogat@mail.ru

Аннотация: Показано, что в современных условиях существенно возрастает роль систем управления региональным развитием, которые в процессе достижения поставленных целей должны динамично адаптироваться к возникающим изменениям во внешней и внутренней среде и во многом работать на опережение возникающих сложных проблем и угроз успешному социально-экономическому развитию.

Ключевые слова: безопасность, сценарное исследование, региональные системы

Для эффективного управления региональной безопасностью необходим формальный целевой прогноз поведения как самого объекта управления (в данном случае – региона), так и его окружения (внешней среды). Этот прогноз позволяет выделить совокупность ключевых факторов риска нарушения безопасности, несущих в себе различного рода угрозы целям и задачам системы организационного управления региональным развитием. Данные факторы могут быть сгруппированы в иерархический ряд поколений (фактор каждого верхнего уровня иерархии является порождающим для ряда факторов следующего): противоречия, источники угроз, угрозы, источники уязвимости, риски, последствия или ущербы (рисунок 1).

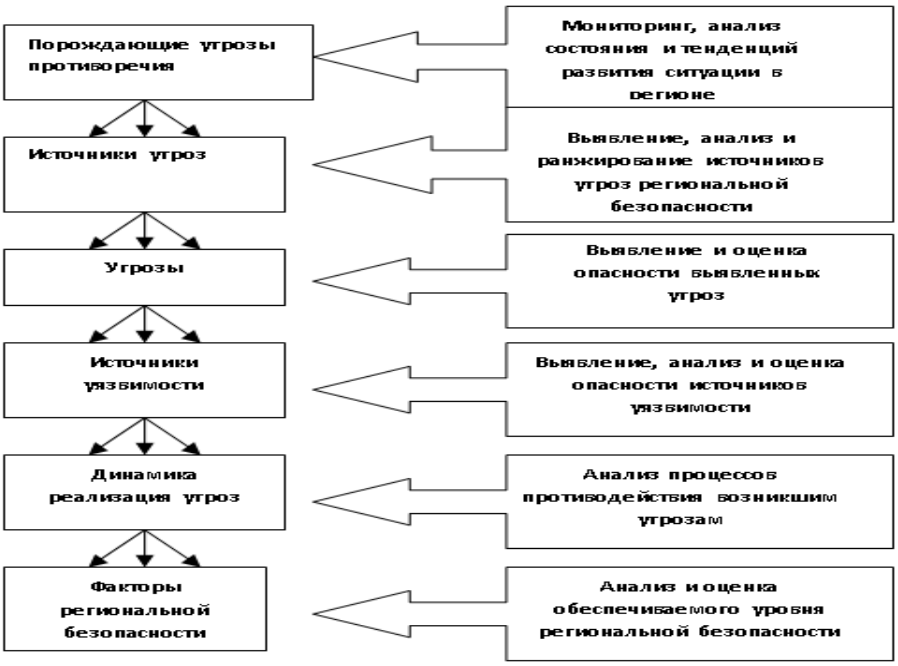


Рисунок 1– Группировка факторов региональной безопасности

Угрозы региональной безопасности целесообразно подразделить на внешние и внутренние (рисунок 2).

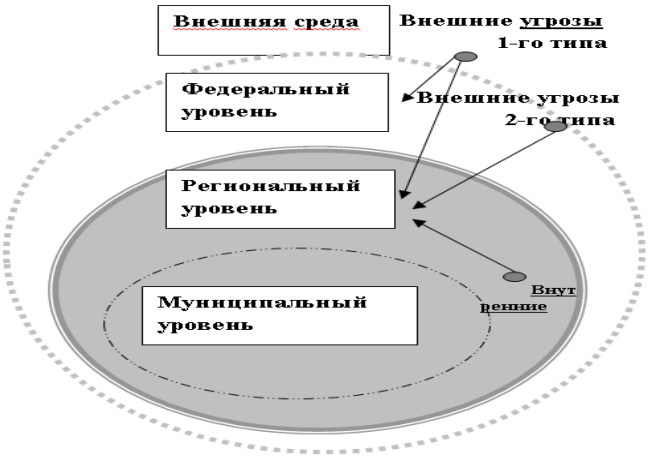


Рисунок 2 - Структура угроз региональной безопасности

Внешние угрозы первого типа носят глобальный характер и связаны с негативным влиянием ряда общемировых процессов и тенденций их развития, неустойчивостью или кризисными явлениями в мировой экономике (включая противодействие геополитических противников развитию нашей страны и связанные с этим различного рода надуманные экономические санкции ряда западных стран, вводимые в угоду их политическим интересам, попытки организации «цветных» революций и т.п.), колебаниями на мировом рынке спроса и предложения, цен на энергоносители, курсов валют и т.п.

Угрозы региональной безопасности второго типа связаны с существующими проблемами социально-экономического развития страны, бюджетно-финансовыми проблемами, несовершенством системы управления экономикой, комплексом проблем системы бюджетирования, неэффективностью системы межрегионального взаимодействия, природными и техногенными чрезвычайными ситуациями, недостатками в системе межрегиональных связей и т.п.

Внутренние угрозы региональной безопасности, возникающие и локализованные внутри административно-территориального образования, отражают особенности социально–экономического развития региона и весьма разнообразны по своей природе. В силу этого их можно классифицировать различными способами, например, по характеру и сферам проявления: социальные, организационно-управленческие, политико-институциональные, экономические, финансовые, культурные,

этнические, конфессиональные, экологические, демографические, правовые, коммуникативно-информационные и т.п. При этом основное внимание должно уделяться источникам угроз, связанным с кризисными явлениями в глобальной экономике и противоречиям в международной политике, а также ключевым проблемам в развитии национальной социально-экономической сферы в данных условиях.

Среди последних наиболее типичными и достаточно детально изученными в экономической литературе угрозами являются: неравномерность распределения ресурсов; моноструктурный характер и преимущественно сырьевая экспортно-ориентированная модель развития экономики; низкий уровень координации между видами экономической деятельности; наличие инфраструктурных ограничений экономическому росту; низкая производительность труда; усугубление отрицательных демографических процессов; низкая энергоэффективность экономики, значительный уровень риска для инвесторов; высокий уровень коррупции; масштабы теневой экономики и т.д.

Угрозы региональной безопасности базируются на ряде внешних и внутренних источников уязвимости, возникновение которых может носить как объективный, так и субъективный характер. Появление источников уязвимости, в свою очередь, обусловливается существованием в социально-экономической сфере внутренних объективных и субъективных противоречий между субъектами, взаимодействующими в ее рамках. Фактически источник уязвимости является объектом или своеобразной «целью», на которую может быть направлен процесс реализации внешней или внутренней угрозы.

Для выявления данных проблем и выработки эффективных путей их решения в первую очередь необходимы хорошо налаженная работа с обращениями граждан, а также непрерывный мониторинг состояния социально-экономической системы (СЭС) региона по достаточно широкому кругу детализированных параметров.

В настоящее время разработан достаточно широкий круг индикаторов уровня социально-экономического развития регионов, которые могут успешно использоваться для решения задач обеспечения внутренней и отчасти внешней региональной безопасности. Наиболее широко применяемыми из них являются: индекс безопасности; ожидаемая продолжительность жизни; уровень занятости; обеспеченность жильем; численность учащихся в общеобразовательных учреждениях; число больничных коек на 10 тыс. чел.; удельный вес малых предприятий; бюджетная обеспеченность; налоговая нагрузка; удельные инвестиции; удельный грузооборот автотранспорта; относительный пассажирооборот; обеспеченность телефонной связью; поступления в бюджетную систему; плотность инвестиций; среднедушевые денежные доходы; среднемесячная зарплата; ВРП на душу населения; плотность промышленного производства, емкость розничного товарооборота и т.п.

Литература

1. *Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Кононов Д.А., Чернов И.В.* Информационное управление в условиях активного противоборства. – М.: Наука, 2011. – 187 с.
2. *Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Кононов Д.А., Чернов И.В.* Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством. – М.: Наука, 2015. – 542 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА САМОДОСТАТОЧНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ

Малахов В.А., Дубынина Т.Г.

Институт энергетических исследований РАН,
Россия, г. Москва, ул. Нагорная д.31, к.2
mva@eriras.ru, tat.dubinina@gmail.com

Аннотация: Анализируется региональная неоднородность экономики России на основе сравнения самодостаточности экономического развития всех её регионов. Показано, что в XXI веке увеличилась дифференциация регионов России по уровню экономической самодостаточности. При этом рост этой региональной дифференциации опережает динамику развития экономики страны.

Ключевые слова: регион, социально-экономическое развитие, валовой региональный продукт, доходы населения, экономическая самодостаточность.

Введение

Исследования территориальной неоднородности социально-экономического развития востребованы, в основном, в странах с федеративной или конфедеративной формой государственного устройства. Российская Федерация является крупнейшим по площади страной в мире с наибольшим числом входящих в неё субъектов Федерации. При этом экономическое развитие субъектов РФ носит ярко выраженный неравномерный характер. Эта неоднородность обусловлена разнообразием климатических условий, различиями в размерах территорий, обеспеченности минеральными ресурсами, производственными мощностями, транспортной инфраструктурой, плотности населения в субъектах РФ. Пренебрежение сложившейся дифференциацией социально-экономического развития регионов страны может поставить под угрозу амбициозные планы Правительства РФ по ускорению роста отечественной экономики.

1 Методика исследования

В последнее время, как в России, так и за рубежом все большую популярность приобретает использование методов оценки неравномерного распределения доходов населения [1,2] в анализе межрегионального экономического неравенства [3,4]. Эти методы базируются на построении кривой Лоренца, но, в отличие от классической функции распределения Лоренца, здесь объектом исследования являются не группы населения (например, децильные), а регионы страны. Целью построения кривой Лоренца в этих исследованиях является оценка индекса Джини [5] и индекса Пьетра [3] при анализе межрегионального неравенства по уровню среднедушевых доходов населения и ВРП на душу населения. Индекс Джини позволяет определить степень отклонения фактического распределения регионов по любому из этих двух показателей от равномерного регионального распределения. Индекс Пьетра позволяет оценить долю общего дохода, которую возможно перераспределить для достижения абсолютного равенства регионов [6]. Однако никто не берётся утверждать, является ли эта доля необходимой или достаточной для достижения абсолютного равенства. Поэтому, на наш взгляд, использование указанных индексов для оценки территориальной неоднородности экономики носит во многом абстрактный характер. Кроме того, для определения среднего по регионам значения душевых доходов населения или душевого ВРП (и тем самым отнесения регионов к числу «бедных» и «богатых») необязательно строить кривую Лоренца.

В настоящей работе оценка региональной неоднородности экономики страны проводится на основе сравнения самодостаточности экономического развития всех её регионов. При этом предлагается простая методика. В качестве критерия самодостаточности (SSi) социально-экономического развития каждого субъекта РФ рассматривается отношение его валового регионального продукта (GRPi) к доходам его населения (PIi). Предлагается классифицировать все субъекты РФ по трём группам:

В первую группу (доноры) включаются субъекты РФ, для которых:

(1) $SSi = GRPi / PIi > GRPRF/ PIRF$

Во вторую группу (самодостаточные) включаются субъекты РФ, для которых:

(2) $1 \leq SSi \leq GRPRF/ PIRF$

В третью группу (зависимые) включаются субъекты РФ для которых:

(3) $SSi < 1$,

где GRPRF – суммарный валовой региональный продукт Российской Федерации в текущих ценах; PIRF – суммарные доходы населения страны в текущих ценах.

Следует отметить, что критерий экономической самодостаточности региона рассчитывается в текущих ценах, поскольку для властей и населения любого региона страны важна сравнительная оценка обеспеченности их сложившегося уровня доходов собственным производством именно в текущих ценах, а не в ценах какого-либо далёкого ретроспективного года.

2 Результаты исследований

В 2000 году отношение суммарного ВРП Российской Федерации к совокупным доходам населения составило 1,43. В 2009 году это соотношение снизилось до своего минимума, равного 1,11, после чего начало вновь возрастать, увеличившись до 1,27 в 2016 году.

За период 2000-2016 гг. количество субъектов РФ, у которых производимый ВРП был выше совокупных доходов населения, сократилось с 71 до 49. Причем количество самодостаточных регионов сократилось сильнее, чем наиболее богатых регионов-доноров (Таблица 1). В последние 7 лет ситуация немного улучшилась, поскольку основное падение пришлось на кризисный 2009 год, когда число самодостаточных субъектов РФ упало до 10. За рассматриваемый период число бедных

регионов, в которых сложившийся уровень доходов населения не обеспечивается производимым ВРП, увеличилось в 4 раза: с 8 субъектов РФ в 2000 году до 33 субъектов РФ в 2016 году. Пиковое количество зависимых регионов пришлось на кризисный 2009 год, в котором боле половины субъектов РФ (49 субъектов РФ) не могли обеспечить себя самостоятельно и нуждались в поддержке Федерального центра.

TABLE I. *Таблица 1. Распределение субъектов РФ по группам экономической самодостаточности*

	2000	**2002**	**2004**	**2006[1)]**	**2008**	**2010**	**2012**	**2014[2)]**	**2016**
1[я] группа (доноры)	23	22	24	17	16	19	17	15	19
2[я] группа (самодостаточные)	48	45	39	37	38	13	32	25	30
3[я] группа (зависимые)	8	12	16	25	25	48	31	42	33

[1)] until 2010 without the Chechen Republic , [2)] until 2014 without the Republic of Crimea and Sevastopol

Рост числа бедных регионов при синхронном падении количества богатых регионов (доноров) возможен только при возрастании степени региональной дифференциации по выбранному критерию. Таким образом, экономическая дифференциация регионов страны опережала динамику развития экономики России в целом.

Среди федеральных округов самая плачевная ситуация с самодостаточностью социально-экономического развития сложилась в Северо-Кавказском ФО (Таблица 2). Абсолютно все субъекты РФ на Северном Кавказе входят в третью группу (зависимые), т.е. в каждом регионе округа собственное производство не обеспечивает сложившийся уровень доходов населения. Пять из семи субъектов РФ округа входят в десятку наиболее экономически зависимых регионов России, а Чеченская Республика стабильно имеет самое низкое значение индекса экономической самодостаточности: её ВРП покрывает менее 45% от объёма доходов населения региона.

Социально-экономическое развитие Южного ФО также зависит от помощи Федерального центра. В округе нет ни одного «богатого» региона донора, а самодостаточными субъектами РФ с индексом стабильно больше 1 являются только Волгоградская область, Калмыкия и Астраханская область. Даже в Краснодарском крае в последние несколько лет доходы населения не обеспечены собственным производством. А Республика Крым и г. Севастополь входят в число самых «бедных» по обеспеченности собственным производством регионов страны.

Самым «богатым» является Уральский ФО, в котором ВРП превышает доходы населения на 80-100%, а минимальное значение индекса самодостаточности округа было в 2009 году и составило 1,52. Высокий уровень социально-экономической самодостаточности Уральского ФО сложился благодаря развитию нефтегазового сектора Тюменской области, у которой в последние 5 лет ВРП превышает доходы населения более чем в 3,2 раза. У Челябинской и Свердловской областей индекс самодостаточности колеблется вокруг единицы, а Курганская область последние 12 лет стабильно является зависимой с индексом меньше 1.

Таблица 2. Отношение ВРП к доходам населения в федеральных округах РФ

	2002	**2004**	**2006**	**2008**	**2010**	**2012**	**2014**	**2016**
Россия всего	1,27	1,26	1,29	1,32	1,16	1,25	1,22	1,28
Центральный ФО	1,15	1,13	1,24	1,42	1,18	1,25	1,27	1,30
Северо-Западный ФО	1,31	1,27	1,22	1,37	1,22	1,36	1,24	1,41
Южный ФО	1,06	1,00	0,99	1,05	0,93	1,01	0,94	0,94
Северо-Кавказский ФО	0,96	0,84	0,80	0,77	0,60	0,62	0,65	0,66
Приволжский ФО	1,30	1,28	1,21	1,19	1,00	1,12	1,06	1,13
Уральский ФО	1,86	2,03	2,13	1,78	1,62	1,85	1,80	1,94
Сибирский ФО	1,21	1,29	1,26	1,15	1,19	1,22	1,22	1,30
Дальневосточный ФО	1,32	1,20	1,17	1,28	1,34	1,41	1,34	1,39

Наибольшее количество «богатых» регионов (как в процентном, так и абсолютном выражении) находится в Северо-Западном ФО. Пять из 10 субъектов РФ округа являются регионами-донорами, причем среди них нет явного лидера (последние 10 лет их индексы самодостаточности колеблются в диапазоне 1,4-1,6). Еще 4 субъекта РФ Северо-Западного ФО являются экономически самодостаточными. Только у Псковской области отношение ВРП к доходам населения меньше единицы практически на всем рассматриваемом ретроспективном периоде.

На Дальнем Востоке у 7 из 9 субъектов РФ ВРП стабильно превышает доходы населения (за исключением отдельных ретроспективных лет). Причем Сахалинская область, Республика Саха (Якутия) и Чукотский АО являются регионами донорами по критерию экономической самодостаточности: производимый в этих регионах ВРП заметно превосходит доходы их населения. Это связано с успешным развитием добычи полезных ископаемых в указанных регионах (добычи углеводородов на Сахалине и драгоценных металлов на Камчатке и Якутии). В числе экономически отстающих можно назвать Еврейскую АО и Приморский край, однако индекс экономической самодостаточности у этих регионов лишь немного меньше 1, причем это относится к последним 3-4 ретроспективным годам.

Заключение

Исследования региональной структуры экономики России являются актуальными в силу её громадной территории и большого количества административно-территориальных субъектов. В настоящей статье для анализа региональной неоднородности экономики страны вводится индикатор экономической самодостаточности её регионов. Этот индикатор показывает, насколько собственная экономика в каждом регионе соответствует сложившемуся уровню доходов местного населения. За последние 16 лет количество субъектов РФ, в которых доходы населения полностью обеспечены местным производством, сократилось на 45% (с 71 до 49). Одновременно увеличился разрыв между «богатыми» и наиболее зависимыми субъектами РФ, при этом рост дифференциации регионов по критерию экономической самодостаточности опережает динамику развития экономики страны.

Литература

1. *Bourguignon F., Morrisson C.* Inequality Among World Citizens: 1820-1992. American Economic Review, 2002, Vol. 92, pp. 727-744.
2. *Jones C.* Pareto and Piketty: The Macroeconomics of Top Income and Wealth Inequality. Journal of Economic Perspectives, 2015, Vol. 29 (1), pp. 29-46.
3. *Huang Y., Leung Y.* Measuring Regional Inequality: A Comparison of Coefficient of Variation and Hoover Concentration Index // The Open Geography Journal. – 2009. – Vol. 2. – P. 25–34.
4. *Стукаленко Е. А., Щеколдин В. Ю., Каширская Е. В.* Оценка межрегионального неравенства по доходам и ВРП на душу населения в России в начале XXI в. // Вестн. Ом. ун-та. Сер. «Экономика». – 2017. – № 4 (60). – С. 193–205. – DOI: 10.25513/1812-3988.2017.4.193-205.
5. *Derby N.* Mathematical Definition of the Gini Index, Statistical Consulting Report // University of Washington Statistical Consulting Service,2003, available at: https://depts.washington.edu/eqhlth/pages/nderby.pdf
6. *Shao M.F.* The Gini Index, Pietra Ratio and Mean Division Point of Income. School of Economics, 2014, Vol. 4, pp. 3-34.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛАБОРАЦИЙ РОССИЙСКИХ ИНОВАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ

Тесля А.А., Марача В.Г.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия, г. Москва Каширское шоссе д.31

teslyaanna1995@gmail.com, maratcha@yandex.ru

Проведено эмпирическое исследование, позволяющее выявить действенный механизм функционирования коллаборации в инновационном кластере, что дает возможность распознать настоящие кластеры, которые реально нацелены на инновационное развитие, а не только стремятся получить государственную поддержку.

Ключевые слова: инновационные кластеры, эффективность коллаборации, межсетевое взаимодействие, инновационная активность

Введение

Основная масса исследований, в которых затрагивается тема оценки эффективности коллаборации в инновационном кластере, направлена на оценку его экономических показателей. Однако такой подход приводит к тому, что многие кластеры «назначаются сверху», а экономические показатели «подгоняются» для получения поддержки от Минэкономразвития и региональных властей [1]. В этой связи было проведено эмпирическое исследование, позволяющее выявить действенный механизм управления и функционирования коллаборации в инновационном кластере, что даст возможность

выявить настоящие тройные спирали, которые реально нацелены на инновационное развитие, а не только стремятся получить государственную поддержку.

Камский инновационный территориально-производственный кластер расположен в центральной части России на территории 6 муниципальных районов республики Татарстан. Ценность географической концентрации состоит в том, что она дает специфические внешние эффекты, которые положительно влияют на конкурентоспособность участников кластера. Если же кластер географически рассредоточен, то возникают вопросы, не является ли он искусственной конструкцией, созданной, к примеру, «под конкурс», насколько данная структура имеет потенциал развития и является ли жизнеспособной. В рассматриваемом кластере все крупнейшие предприятия расположены приблизительно в 30-ти километрах друг от друга.

В Камском кластере сосредоточен мощный инновационный потенциал, определяющий данную территорию в качестве точки роста не только Республики Татарстан, но и Российской Федерации в целом. Однако при этом данная территория недостаточно привлекательна с точки зрения качества жизни. Неблагополучная экологическая обстановка в результате деятельности нефтеперерабатывающих и химических производств Нижнекамска и Менделеевска, недостаточная развитость социальной и транспортной инфраструктуры, вызывают затруднения в привлечении высококвалифицированных специалистов, в том числе иностранных для постоянного проживания на территории Камского кластера. Раскрыть промышленный и инновационный потенциал Камского территориально-производственного кластера поможет повышение связанности территории Камской агломерации, создание территории высокого качества жизни, снятие ограничений в развитии транспортной и социальной инфраструктуры. Для этого необходимо осуществлять мероприятия по развитию транспортной, логистической, жилищной инфраструктуры, а также инфраструктуры очистных сооружений.

Для оценки степени зрелости коллаборации на сайте российской кластерной обсерватории были изучены списки компаний, входящих в коллаборацию. Было обнаружено, что Камский инновационный территориально-производственный кластер по данным российской кластерной обсерватории имеет в составе 213 участников. Такое число участников можно считать достаточным, так как в России же по данным исследования [2] среднее число организаций, входящих в кластер, составляет всего 70 организаций.

Для оценки коллаборации на предмет открытости для присоединения новых участников был изучен сайт её специализированной организации. Подтверждает наличие открытости для сотрудничества наличие формальных процедур вступления в кластер и выхода из него. Для вступления в Камский кластер необходимо заполнить форму на сайте кластера и оплатить членский взнос, который составляет 30 000 рублей, включая сумму членского ежегодного взноса за первый год.

Далее был оценен состав высшего уровня управления в коллаборации. Было обнаружено, что в коллаборации Камского инновационного кластера Коллегия Ассоциации состоит только из представителей университетов, органов исполнительной власти и компаний с государственным участием, а председателем Коллегии Ассоциации является Министр экономики Республики Татарстан. Разбиение по принадлежности к секторам тройной спирали участников Коллегии Ассоциации коллаборации Камского инновационного кластера можно увидеть на диаграмме ниже (рис.1).

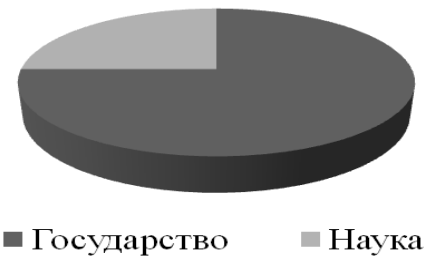


Рис. 1Принадлежность участников Коллегии Камского инновационного территориально-производственного кластера к секторам тройной спирали.

Такой состав высшего уровня управления в теории не обеспечивает кластеру стабильного развития. Стабильное развитие кластера обеспечивается преобладанием представителей сектора бизнеса на высших уровнях управления [3], а в данном случае представители бизнеса отсутствуют. В

этой связи виден значительный риск того, что основными бенефициантами в кластерах станут организации, находящиеся в собственности государства либо получающие от него финансирование (компании с госучастием, крупные государственные вузы и научно-исследовательские институты).

Далее был исследован состав участников кластера и распределение участников по типу их организации. В коллаборации Камского инновационного кластера доля малых и средних предприятий составляет более 60%, доля производственных и сервисных компаний более 80% (рис.2)



Рис.2 Разбиение коллаборации Камского инновационного территориально-производственного кластера на 2018 год по типу входящих предприятий

Важна чётко выраженная инициатива со стороны бизнеса, играющего решающую роль в коммерциализации технологий. Доля малых и средних предприятий, сервисных и производственных компаний показывает, что сектор бизнеса играет большое влияние на коллаборацию Камского кластера, что, однако, не отражено в структуре высшего уровня управления, рассматриваемой выше.

Помимо оценки состава участников и качества внешней среды необходимо оценить плотность межсетевых коммуникаций и уровень самоорганизации участников кластера. В инновационном кластере развитие отношения коллаборации происходит благодаря специализированной организации – особой разновидности сети, которая придает кластеру институциональную структуру и платформу для сотрудничества в процессе коллаборации трех секторов. Коллаборация Камского кластера имеет специализированную организацию в форме некоммерческого партнерства «ИННОКАМ», которая осуществляет методическое, организационное, экспертно-аналитическое и информационное сопровождение развития кластера. Ключевая задача, решение которой «ИННОКАМ» должен обеспечить, – это придание кластеру характера устойчивого инновационного развития, обеспечивающего конкурентоспособность.

Одной из ключевых функций специализированной организации является обучение специалистов, продвижение продукции кластера и бренда кластера в целом, организация мероприятий. Были исследованы упоминания о коммуникативных, выставочно-ярмарочных и обучающих мероприятиях в Камском инновационном кластере за период 2018 года. Обнаружено, что для организаций-участников Камского инновационного кластера было организовано участие в 74 коммуникативных и выставочно-ярмарочных мероприятиях, в том числе в 27 выставках в России и за рубежом, на которых были представлены презентации Камского кластера и его участников. В течение 2018 года Ассоциацией было организовано участие 43 предприятий кластера в 5 образовательных мероприятиях, направленных на увеличение экспортного потенциала. Также Ассоциацией было подписано 18 соглашений с российскими и зарубежными партнерами о сотрудничестве, содействии в трансфере и локализации технологий.

Что касается структуры управления коллабораций, в подавляющем большинстве случаев учредителем специализированных организаций коллаборации выступает региональная администрация. В коллаборации Камского инновационного территориально-производственного кластера, наблюдается редкая ситуация, когда среди учредителей управляющей компании «ИННОКАМ» полностью отсутствуют представители органов региональной власти. Её учредили Казанский национальный исследовательский технологический университет и госхолдинг «Связьинвестнефтехим». Организация «ИННОКАМ» была создана в форме некоммерческого партнерства, Высшим органом управления которого является Общее собрание членов партнерства. Его основной функцией является обеспечение соблюдения специализированной организацией целей, в интересах которых она было создано.

Важным условием кластерной политики становится финансовая поддержка специализированных организаций и центров кластерного развития со стороны государства. Однако зачастую государство

является единственным источником финансирования, чем подкрепляется его доминирование в управлении. Практически полное финансирование за счет средств государственного бюджета наблюдается и в Камском инновационном территориально-производственном кластере, где по данным российской кластерной обсерватории 73% финансирования поступает из федерального бюджета, 26% из регионального, и всего 1% поступает из членских взносов. В этой связи кластеру необходимо повысить размер членских взносов для формирования Фонда развития кластера в целях повышения доверия и уровня вовлеченности организаций и ключевых стейкхолдеров в деятельность коллаборации, что позволит диверсифицировать источники финансирования, повысить стабильность работы и выйти на путь самофинансирования.

Оценка нацеленности участников коллаборации в кластере на инновации является также ключевым аспектов в оценке её эффективности. В 2018 году Ассоциацией Камского инновационного кластера совместно с участниками осуществлялась разработка концепции и технического задания на создание платформы «ИННОСКОП», которая должна обеспечить развитие взаимодействия между наукой и бизнесом в области внедрения инновационных технологий и разработок, а также на дозагрузку оборудования вузов и инжиниринговых центров. По своей сути данная платформа является воплощением кластерной стратегии открытых инноваций, которая впервые была предложена Генри Чесборо в 2003 г. Основная идея данной стратегии состоит в целенаправленном использовании входящих и исходящих потоков знания для ускорения внутренних инноваций и расширения их внешнего использования. Стратегия открытых инноваций в инновационном кластере позволяет усилить межсетевое взаимодействие между его участниками вследствие того, что участие в кластере становится более актуальным в связи с открытостью к инновационной деятельности. Кроме того, такая стратегия стимулирует развитие малых и средних предприятий, которые в силу недостаточности ресурсов, не могут позволить себе некоторые исследования.

Литература

1. *Марача В.Г., Красникова Т.С.* Эволюция форм организации инновационного процесса: переход к коллаборативным сетям и «кластерная организация управления», труды Десятой международной конференции, 2017 г, Москва
2. *Бортник И.М., Земцов С П., О.В. Иванова* Становление инновационных кластеров в России: итоги первых лет поддержки, Инновационная экономика, 2015, №7(201)
3. *E. Kutsenko* Pilot Innovative Territorial Clusters in Russia: A Sustainable Development Model // Foresight-Russia, vol. 9, 2015, № 1

ВЕРОЯТНОСТНО-ЭНТРОПИЙНЫЕ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ[90]

Тырсин А.Н., Антонов А.С.

Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Россия, г. Екатеринбург, ул. Студенческая д.51а

at2001@yandex.ru, antonovgr@mail.ru

Аннотация: Рассмотрена проблематика устойчивого развития сложных систем. Предложена концепция устойчивого развития систем на примере территорий. Согласно этой концепции развитие интерпретируется в рамках векторной энтропийной модели, а устойчивость представляется как риск исследуемой многомерной системы. Концепция апробирована на практических примерах.

Ключевые слова: устойчивое развитие, дифференциальная энтропия, риск, многомерная случайная величина, мониторинг, вектор, хаотичность, самоорганизация.

Введение

Трактовка устойчивого развития в настоящее время является слишком общей и не указывает конкретного пути для практических действий [1]. Основная концептуальная сложность заключается в том что, понятие «устойчивое развитие» включает в себя два термина «устойчивость» и «развитие». При этом каждый из этих терминов трактуется не однозначно. Это приводит к появлению разных трактовок устойчивого развития применительно к конкретным системам. Например, в [2] насчитано более 50 различных интерпретаций понятия «устойчивое развитие».

[90] *Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 17-01-00315а*

Поэтому, представляется актуальной проблемой формулирование некоторой формализованной концепции устойчивого развития, которая могла быть конкретизируема для конкретных случаев. Одним из возможных путей решения является использование системного подхода. Предпримем попытку формулировки концепции устойчивого развития сложных систем на примере территорий.

1 Постановка задачи

Системный подход предполагает представление системы S в виде взаимосвязанных элементов (инфраструктур, важнейших показателей и т.д.). Территориальные системы – это сложные эколого-социально-экономические системы, состоящие их огромного числа взаимодействующих элементов. К особенностям территориальных систем можно отнести: многомерность; взаимосвязанность компонент; стохастический характер поведения; многокритериальность; разнонаправленность поведения элементов. С учетом этих особенностей систему S можно представить в виде случайного вектора $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$. Каждая компонента Y_i этого вектора является одномерной случайной величиной, характеризующей функционирование соответствующего элемента системы.

Концепция устойчивого развития должна отражать две составляющие: «устойчивость» и «развитие». Поэтому для ее формулирования необходимо решить следующие три задачи: 1) выработка интегрального показателя характеризующего эффективное функционирование системы; 2) обеспечение устойчивого функционирования системы; 3) формирование критерия, характеризующего устойчивое развитие в смысле решения первых двух задач.

2 Векторная энтропийная модель эффективного функционирования систем

Рассмотрим задачу выработки интегрального показателя характеризующего эффективное функционирование системы. Многокритериальность функционирования сложных систем, включая территориальные, разнонаправленность функционирования их элементов, затрудняет выработку универсальных формальных показателей, характеризующих эффективность систем в целом.

В [3] было предложено использовать дифференциальную энтропию для моделирования многомерных стохастических систем. Доказано, что дифференциальную энтропию (далее энтропию) случайного вектора $\mathbf{Y}$ можно представить в виде суммы двух компонент

(1) $$H(\mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y})_V + H(\mathbf{Y})_R,$$

(2) $$H(\mathbf{Y})_V = \sum_{i=1}^{m} H(Y_i) = \sum_{i=1}^{m} \ln \sigma_{Y_i} + \sum_{i=1}^{m} \kappa_i$$ – энтропия хаотичности,

(3) $$H(\mathbf{Y})_R = \frac{1}{2} \sum_{k=2}^{m} \ln(1 - R^2_{Y_k / Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}})$$ – энтропия самоорганизации,

где $\sigma^2_{Y_i}$ – дисперсия, $\kappa_i = H(Y_i / \sigma_{Y_i})$ – энтропийный показатель типа закона распределения случайной величины Y_i; $R^2_{Y_k / Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}$ – индексы детерминации регрессионных зависимостей.

В частности, для многомерной нормально распределенной случайной величины $\mathbf{Y}$ имеем

(4) $$H(\mathbf{Y})_V = \sum_{i=1}^{m} \ln \sigma_{Y_i} + m \ln \sqrt{2\pi e},\ H(\mathbf{Y})_R = \frac{1}{2} \ln(|\mathbf{R}|),$$

где $\mathbf{R}$ – корреляционная матрица случайного вектора $\mathbf{Y}$.

Сложные системы, включая территориальные, являются открытыми, их энтропия может, как возрастать, так и уменьшаться. Причем направления изменения энтропий хаотичности $H(\mathbf{Y})_V$ и самоорганизации $H(\mathbf{Y})_R$ систем могут быть различными. Например, системы с различными значениями энтропий хаотичности $H(\mathbf{Y})_V$ и самоорганизации $H(\mathbf{Y})_R$ могут иметь одинаковые значения энтропии $H(\mathbf{Y})$. Для адекватного моделирования и исследования многомерных стохастических систем дифференциальную энтропию следует рассматривать не в скалярной, а векторной форме в виде двух компонент – энтропий хаотичности и самоорганизации как [4]

(5) $$\mathbf{h}(\mathbf{Y}) = (h_V; h_R) = (H(\mathbf{Y})_V; H(\mathbf{Y})_R).$$

В конкретных ситуациях направление и величину энтропийного вектора следует задавать исходя из особенностей исследуемой системы. Иными словами, у сложных систем должен наблюдаться баланс между энтропиями хаотичности и самоорганизации.

Пример 1 [4]. Эффективное функционирование мегаполиса как сложной системы согласно векторной энтропийной модели (5) состоит в одновременном росте разнообразия, возможностей для всех элементов этой системы и наличию тесной взаимосвязи между этими элементами. Это

проявляется в том, что с развитием мегаполиса его энтропия хаотичности должна постепенно увеличиваться, а энтропия самоорганизации – уменьшаться.

3 Модель многомерного риска сложных систем

Рассмотрим задачу обеспечения устойчивого функционирования системы. Будем считать, что устойчивость функционирования территориальной системы неразрывно связана с риском, чем ниже уровень риска, тем устойчивее состояние системы.

Пусть S – некоторая многомерная стохастическая система. Будем считать адекватным представление этой системы в виде случайного вектора $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_l)$ с некоторой плотностью вероятности $p_{\mathbf{X}}(\mathbf{x})$. Развитие сложной системы, повышение эффективности ее функционирования является неизбежной причиной роста рисков. Поэтому необходимо оценивать риски таких систем. Рассмотрим модель оценки риска многомерных стохастических систем, предложенную в [5].

Вместо выделения конкретных опасных состояний будем задавать геометрическую область D неблагоприятных исходов. Формально эта область может выглядеть произвольным образом в зависимости от конкретной задачи. Наиболее распространена концепция опасных состояний как больших и маловероятных отклонений выборочных значений от некоторого наилучшего положения $\boldsymbol{\theta}$. В этом случае D представляет собой внешнюю область m-осного эллипсоида

$$D = \left\{ \mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_l) : \sum_{j=1}^{l} \frac{(x_j - \theta_j)^2}{b_j^2} \geq 1 \right\}. \tag{6}$$

Задав функцию последствий от опасных ситуаций (функцию риска) в виде $g(\mathbf{x})$, получим модель для количественной оценки риска [5]

$$r(\mathbf{X}) = \int\limits_D \int \dots \int g(\mathbf{x}) p_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}) d\mathbf{x}. \tag{7}$$

Если в (7) принять $g(\mathbf{x}) = 1 \; \forall \mathbf{x} \in D$ и $g(\mathbf{x}) = 0 \; \forall \mathbf{x} \notin D$, то $r(\mathbf{X}) = P(\mathbf{X} \in D)$, т.е. риск равен вероятности неблагоприятного исхода.

4 Концепция устойчивого развития

Под устойчивым развитием сложной системы будем понимать динамику, состоящую в наличии тенденции сбалансированного изменения векторной энтропии при сохранении приемлемого уровня рисков. Для этого объединим векторную энтропийную модель и модель рисков многомерной системы. При этом в качестве компонент случайного вектора $\mathbf{Z}$ следует рассматривать как факторы риска X_i, так и показатели Y_j, характеризующие функционирование системы, т.е.

$$\mathbf{Z} = \mathbf{X} \cup \mathbf{Y} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n), \; \max(l, m) \leq n \leq l + m. \tag{8}$$

Для гауссовской системы векторное энтропийное управление состоит в том, чтобы направить энтропию из некоторой начальной точки $(h_V^0; h_R^0) = (H(\mathbf{Z}^0)_V; H(\mathbf{Z}^0)_R)$ с ковариационной матрицей $\boldsymbol{\Sigma}^0 = \{\sigma_{ij}^0\}$ в конечную точку $(h_V^*; h_R^*)$ при минимальном изменении ковариационной матрицы $\boldsymbol{\Sigma}^0$ и вектора средних $\mathbf{a}^0$ и приемлемом риске.

Задача векторного энтропийного управления гауссовской системой примет вид:

$$\begin{cases} G(\boldsymbol{\Sigma}) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i}^{n} (\sigma_{ij} - \sigma_{ij}^0)^2 + \sum_{i=1}^{l} (a_i - a_i^0)^2 \to \min\limits_{\mathbf{a}, \boldsymbol{\Sigma}}, \\ H(\mathbf{Y})_V = h_V^*, \\ H(\mathbf{Y})_R = h_R^*, \\ r(\mathbf{X}) \leq r^*, \\ \boldsymbol{\Sigma} \in G(\boldsymbol{\Sigma}), \mathbf{a} \in H(\mathbf{a}), \\ \sigma_{ij}^2 < \sigma_{ii} \sigma_{jj}, \sigma_{ij} = \sigma_{ji}, \sigma_{ii} > 0 \; \forall 1 \leq i, j \leq n, \\ \boldsymbol{\Sigma} > 0, \end{cases} \tag{9}$$

Критерий эффективности в (9) может быть и иным, в зависимости от особенностей системы S.

Заключение

1. Сформулирована вероятностно-энтропийная концепция устойчивого развития сложных стохастических систем. Она основана на моделях векторной энтропии и многомерного риска.

2. Согласно сформулированной концепции под устойчивым развитием сложной системы будем понимать динамику, состоящую в наличии тенденции сбалансированного изменения векторной энтропии при сохранении приемлемого уровня рисков.

Литература

1. *Бегун Т.В.* Устойчивое развитие: определение, концепция и факторы в контексте моногородов // Экономика, управление, финансы: материалы II Межд. науч. конф. – Пермь: Меркурий. 2012. – С.158-163. URL: http://moluch.ru/conf/econ/archive/57/3117/
2. *Старикова Е.А.* Современные подходы к трактовке концепции устойчивого развития // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. Т. 25. 2017, № 1. С.7-17.
3. *Тырсин А.Н.* Энтропийное моделирование многомерных стохастических систем. – Воронеж: Научная книга, 2016. – 156с.
4. *Tyrsin A.N., Gevorgyan G.G.* Entropy Modeling of Sustainable Development of Megacities // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 72. 2017. 9p. doi: 10.1088/1755-1315/72/1/012010.
5. *Tyrsin A.N., Surina A.A.* Monitoring of Risk of Multidimensional Stochastic System as Tools for a Research of Sustainable Development of Regions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 177. 2018. 8p. doi: 10.1088/1755-1315/177/1/012005.

МЕНЕДЖМЕНТ ТЕРРИТОРИЙ: КАЧЕСТВО ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

Ячменева В.М., Ячменев Е.Ф., Воробец Т.И.

Институт экономики и управления (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского»,
Россия, г. Симферополь, ул. Железнодорожная, 10, к. 14
v_lev@kafmen.ru, evg@kafmen.ru, vorobets@kafmen.ru

Аннотация: Данная работа посвящена исследованию основ менеджмента территорий как неотъемлемого элемента повышения качества жизни населения. В статье представлена оценка качества жизни в городах Республики Крым по критериям проекта «Идеальный район». Республика Крым в исследовании представлена, как целостная территория, которая по окупаемости инвестиций в недвижимость имеет очень широкий диапазон.

Ключевые слова: менеджмент территорий, качество жизни, оценка, городская среда, Умный город.

Введение

В условиях перехода к рыночным отношениям одной из главных целей проводимых экономических реформ является совершенствование системы управления. Формирование рыночных отношений связано с развитием новых форм хозяйствования, базирующихся на многообразии форм собственности. Менеджмент территорий — это глобальная задача, которая требует постоянного мониторинга и анализа данных о развитии объекта управления. Фактически это информационно-аналитическая многокритериальная задача и от умения её решать, умения организовать работу с информацией зависит качество управления территорией. В современном мире для обеспечения решения такой задачи используют информационные системы, но часто внедрение информационных систем не приносит ожидаемого результата.

В соответствии с Конституцией [1], система управления должна состоять из двух взаимодействующих подсистем: системы государственного управления и системы муниципального управления. Система рассчитана на то, что субъекты РФ и местные сообщества получили право в рамках собственной компетенции осуществлять территориальное развитие, другими словами, получили статус субъектов региональной и местной политики развития. Это означает: система управления будет сложной и должна содержать в своем управленческом арсенале различные современные технологии управления, не ограничиваясь традиционным административным управлением.

Основной текст

Таким образом, задача создания целостной системы управления может быть осуществлена путем решения пяти относительно независимых задач (при условии координации действий властей всех уровней и ветвей власти):

- глубокая модернизация системы государственного управления;
- завершение создания системы муниципального управления;
- отладка системы взаимодействия органов государственного и муниципального управления;
- разработка государственной территориально-региональной политики;
- формирование системы обратной связи органов государственного и муниципального управления с населением территорий.

Принципы реализации государственной социально-экономической политики применительно к проблеме общественно-экономического развития территории представляют собой методологическую основу системы управления и отражают объективные закономерности общественно-экономического развития региона [2]. Так основные принципы региональной политики реализованы в ряде нормативно-правовых актах Республики Крым, в частности, в Законе Республики Крым «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» от 28 декабря 2016 года № 352-ЗРК/2017 [3].

Согласно Закону Республики Крым «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» от 28 декабря 2016 года № 352-ЗРК/2017, приоритетным стратегическим направлением является «Новая жилая среда», которая ориентирована на: высокое качество архитектуры и городского планирования, где все социальные объекты находятся в шаговой доступности; благоприятную, безопасную и энергоэффективную окружающую среду; благоустройство и транспортную доступность [3].

Новая жилая среда Республики Крым определяется следующими характеристиками, а именно:

1. Комфортной городской средой, созданной с учетом принципов современных концепций развития территорий, формирующей следующие преимущества:

- новое качество городского пространства: сохранение подлинной исторической архитектуры/застройки; городское планирование с учетом принципа "дом-учеба-работа-покупки-отдых в шаговой доступности"; озеленение территории, развитие парковых зон; создание новых общественных пространств;
- качество городской среды: экологичность и инновационность материалов и технологий, используемых при строительстве и обустройстве жилого пространства; энергоэффективность, путем внедрения энергосберегающих технологий;
- пешеходная и транспортная доступность: создание развитой сети экологического общественного транспорта; создание сети пешеходных маршрутов, велодорожек.

2. Комфортными природно-климатическими условиями и сохраненной подлинной исторической застройкой в ряде городских округах и сельских поселениях.

3. Строительные компании, которые функционируют на рынке жилищного строительства в Республике Крым испытывают ряд объективных ограничений в своей деятельности.

Основные приоритетные направления для строительных компаний, формируются на четырех уровнях на Национальном, Федеральном, региональном и на уровне внутренней политики строительной компании. К ним относятся:

- сохранение лидерства на рынке жилищного строительства;
- усовершенствование используемых и внедрение инновационных технологий;
- модернизация материально-технической базы;
- внедрение ресурсосберегающих технологий, позволяющих использовать ограниченные ресурсы по замкнутому циклу;
- внедрение цифровых технологий и новых инженерных решений для строительства в зоне повышенной сейсмической активности;
- повышение квалификации профессиональных кадров и т. д.

4. «Стратегией социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» предусматривается «создание новой жилой среды как комфортной, экологической и безопасной среды проживания, благоприятной для активизации и развития городских и сельских сообществ».

Под качеством жизни, большинство населения страны понимает и интерпретирует как:

- безопасность: «Безопасное передвижение по району в любое время суток»;
- чистота: «В районе чисто, мусор убирают своевременно»;
- экология: «Озеленение и чистый свежий воздух»;
- тишина: «Хорошие шумозащитные системы, шум на улице меня практически не беспокоит»;
- общественный транспорт: «Работа общественного транспорта в моем районе устраивает»;

- дороги/парковки: «Состояние дорог устраивает, и не испытываю трудностей с парковкой в своем районе»;
- магазины и рынки: «Продукты и товары первой необходимости можно купить рядом с домом»;
- спорт и отдых: «Достаточно мест для отдыха, есть кафе, спортивные площадки и т. д.»;
- инфраструктура для детей: «Есть все необходимое для детей: игровая площадка, детский сад и поликлиника, школа и т. д.»;
- соседи и окружение: «Люди, с которыми я живу по соседству, в основном дружелюбные и вежливые»;
- работа коммунальных служб: «Работой коммунальных служб удовлетворительная»;
- соотношение доходов и стоимости жизни: «Ежемесячного дохода достаточно для комфортного проживания; меня устраивает стоимость товаров в магазинах у дома, тарифы на коммунальные услуги и другие виды расходов».

Именно по этим критериям проводятся исследования по оценке качества жизни в рамках проекта «Идеальный район» уже в течении трех лет. В 2018 году в опросе участвовали 64 870 человек. Им было предложено оценить по 10-балльной шкале (где 1 обозначает категоричное несогласие, а 10 — полное согласие), выше изложенным критериям. На основании ответов были рассчитаны средние по стране баллы по всем критериям, а также общие (средние) оценки для каждого города и района, по которым формируется рейтинг городов по качеству жизни [4].

Средняя оценка по стране составила 6,6 балла. Это на 0,4 балла меньше, чем в 2017 году. Снизилась удовлетворенность соотношением доходов и стоимости жизни, которое получило и самую низкую оценку в этом году — 4,5 балла, что на 0,5 балла ниже, чем в 2017. Доступность детской инфраструктуры в среднем по стране получила на 0,3 балла меньше, чем в 2017 году. При этом серьезно увеличился разрыв между самой высокой и самой низкой оценками. Если в 2017 году он составлял всего 2,4 балла, то в 2018-м — уже 5,2 балла.

Состав десятки лучших городов за год существенно изменился. Первое место поделили Анапа и Геленджик, получившие примерно по 8,3 балла. Геленджик, находившийся в 2017 году в середине топ-10, теперь отстал от лидера всего на сотые доли процента. Анапа сохранила свои позиции, таким образом, жители признали ее самым комфортным для проживания городом России уже во второй раз. Геленджик опережает Анапу по оценкам качества дорог и парковок, стоимости жизни и развития инфраструктуры для спорта и отдыха. Анапа, в свою очередь, вышла вперед по таким важным критериям, как работа коммунальных служб, экология и чистота, система общественного транспорта.

Ни один город Республики Крым не вошел ни в десятку лидеров, ни в 150 лучших городов России по качеству жизни. Лидерами по качеству жизни стали два города Тюменской области (Тюмень и Сургут); четыре города Краснодарского края: помимо Геленджика и Анапы, это Сочи и Армавир. Подмосковье представляет только Домодедово с оценкой 8 баллов и четвертым местом в рейтинге. Важно отметить, что города Республики Крым не попали в десятку городов аутсайдеров (с самым низким уровнем жизни) по выше представленным критериям [4].

Заключение

Таким образом оценив качество городского пространства, можно сделать следующие выводы:

- во-первых, физическая безопасность населения стала приоритетной для правоохранительных органов, а действия муниципальных властей, ЖКХ и гражданская активность населения существенно сократили количество неосвещенных улиц, заброшенных подъездов, чердаков и подвалов, тем самым повысив безопасность;
- во-вторых, чистоту нужно не только обеспечивать, но и соблюдать. Поэтому чистота города зависит не только от коммунальных служб, но от жителей и гостей Республики Крым;
- в-третьих, экология и тишина совместимы и даже дополняют друг друга, но вступают в противоречие с критериями общественного транспорта, дорогами и парковками, в этом случае, население, как и власти всегда стоят перед выбором и к сожалению этот выбор не всегда в пользу первых двух критериев;
- в-четвертых, инфраструктурные объекты всегда определяли не только комфортность городской среды магазины и рынки, места для отдыха, кафе и спортивные площадки, игровая площадка, детский сад и поликлиника, школа и т. д., но и конкурентные преимущества района;
- в-пятых, социум и уровень жизни, тоже является не маловажным фактором в определении качества жизни населения.

Литература

1. "Конституция Российской Федерации" (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ).
2. *Маршалова Асия Софиевна, Новоселов Александр Сергеевич, Ковалева Галина Даниловна* Региональная политика: приоритеты и принципы реализации // Вестник КузГТУ. 2016. №3 (115). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnaya-politika-prioritety-i-printsipy-realizatsii (дата обращения: 15.05.2019).
3.Закон Республики Крым «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» от 28 декабря 2016 года № 352-ЗРК/201
4.Полный рейтинг городов России по качеству жизни в 2018 году — URL: https://www.domofond.ru/statya/polnyy_reyting_gorodov_rossii_po_kachestvu_zhizni_v_2018_godu/76792.
5. *Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Соловьев М.М.* Моделирование развития крупномасштабных систем. – М.: Экономика. 1983. – С.35-38.

СЕКЦИЯ 11: УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ДРУГИМИ ОБЪЕКТАМИ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА И НАДЕЖНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ

Бабиков В.М., Заложнев А.Ю.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия,г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vasmakviza@gmail.com, zalozhnev@yandex.ru

Аннотация: Доклад посвящен оцениванию действий человека-оператора и их связи с оценками надежности и безопасности крупномасштабных человеко-машинных систем. В докладе приводится краткий обзор результатов, полученных в ходе обработки данных экспериментов, проводившихся на полномасштабных тренажерах. Компьютерная обработка полученного в ходе экспериментов материала позволила получить количественные и качественные оценки решений, принимаемых человеком-оператором. Для вычисления оценок надежности действий человека-оператора было предложено использовать подход, основанный на байесовских сетях доверия. Оценка надежности и безопасности человеко-машинных систем проводилась путем анализа сценариев управления надежностью. Для каждой фазы сценария определялись нижние и верхние оценки показателей надежности, которые подтверждались экспериментальными данными. В докладе обсуждается соответствие результатов компьютерного моделирования действий человека-оператора результатам экспериментов, проводившихся на полномасштабных тренажерах, а также намечаются дальнейшие направления исследований.

Ключевые слова: крупномасштабная человеко-машинная система, оценка действий человека-оператора, оценка надежности, оценка безопасности, система отображения информации, цепь Маркова, байесовская сеть доверия, сценарий управления надежностью

Введение

За время, прошедшее со времени начала проведения экспериментов на полномасштабных тренажерах с использованием аппаратуры для регистрации действий человека-оператора [1], крупномасштабные технические системы претерпели существенные изменения. Это коснулось как самих крупномасштабных технических систем, так и методов и средств управления такими системами.

С одной стороны, бурное развитие аппаратных и программных средств вычислительной техники превратило преобладающее множество систем с участием человека в человеко-машинные системы (ЧМС). С другой стороны, степень автоматизации достигла такого уровня, что в ряде случаев исключает человека из контура управления или значительно изменяет его роль (автопилоты в подвижных объектах) и место (беспилотные подвижные объекты) в системах управления. ЧМС также интегрируются в крупномасштабные распределенные системы.

Человек-оператор (ЧО), включенный в контур управления современными ЧМС, работает в тесном контакте с интеллектуальными программами и устройствами. Системы отображения информации (СОИ) стали интерактивными и многоуровневыми. Изменение характера взаимодействия ЧО с системами управления техническими системами через человеко-машинный интерфейс проявилось и в изменении англоязычного термина, обозначающего взаимодействие человека с техническими системами: вместо термина «man-machine interaction» стал употребляться термин «human-machine communication».

Высокая цена ошибочных действий человека, включенного в контур управления топливно-энергетическими, инфраструктурными и другими крупномасштабными техническими системами, обосновывает необходимость исследования процессов работы человека-оператора, а также необходимость исследования вариантов его возможных ошибочных действий и их последствий и их связей с оценками надежности и безопасности крупномасштабных человеко-машинных систем.

В данном докладе представлены результаты комплексных исследований, включая эксперименты на полномасштабных тренажерах и компьютерное моделирование, теоретические обоснования которых были сформулированы в работах [1-3], и которые получили дальнейшее развитие в последнее время.

Эксперименты на полномасштабных тренажерах, моделирование и результаты исследований

Экспериментальные исследования с использованием аппаратуры для регистрации действий и движения глаз оператора (NAC), задействованного в контуре управления крупномасштабной технической системой, проводились на полномасштабных тренажерах с развитыми системами отображения информации [1]. При этом фиксировался процесс решения оператором задач выявления и купирования аварийных ситуаций в условиях дефицита времени. Привлечение опытных операторов и квалифицированных инструкторов в качестве ЧО было призвано минимизировать количество возможных немотивированных действий ЧО.

Обработка данных, полученных в ходе исследований действий человека-оператора, проведенных на ряде объектов специального назначения, позволили:

- сгруппировать отдельные элементы СОИ в зоны, на основе количества и продолжительности по времени обращений к ним ЧО;
- представить процесс переключения внимания оператора между зонами в виде временных диаграмм;
- выявить существенные отклонения процесса реального решения ЧО задачи от предписываемого ему нормативного алгоритма [4];
- дать содержательное объяснение зонам, не содержащимся в нормативном алгоритме, но значимым с точки зрения числа и продолжительности времени обращений к ним ЧО;
- сформулировать предложения по совершенствованию подготовки ЧО и организации СОИ.

Компьютерная обработка полученного в ходе экспериментов материала позволила получить количественные и качественные оценки решений, принимаемых человеком-оператором в процессе работы на полномасштабных тренажерах.

На основе обработки экспериментального материала были сформулированы статистические гипотезы о характере зависимости, имеющейся в процессе зональных переходов. При проверке этих гипотез было установлено следующее:

- в большинстве рассмотренных случаев должна быть принята гипотеза о марковской зависимости первого порядка для зональных переходов;
- гипотеза об однородном характере марковской зависимости не подтвердилась, то есть вероятность зональных переходов существенным образом зависит и от момента времени, в котором происходят эти переходы.

Для получения более адекватных оценок надежности действий ЧО использовался подход, основанный на байесовских сетях доверия.

На основании анализа экспериментального материала была пересмотрена и скорректирована модель оценки воздействия ограничений во времени на вероятность ошибок оператора.

Оценка надежности и безопасности ЧМС проводилась путем анализа сценариев управления надежностью. Сценарии состояли из последовательности фаз. Каждая фаза, в свою очередь, разбивалась на шаги, соответствующие этапам в последовательности решения задач управления. На каждом шаге рассчитывались вероятности ошибок для возможных диапазонов изменений входных параметров. Для каждой фазы сценария определялись нижние и верхние оценки показателей надежности.

В результате качественного анализа результатов компьютерного моделирования было установлено их соответствие результатам экспериментов, проводившихся на полномасштабных тренажерах.

Заключение

В ходе дальнейших исследований планируется как совершенствование моделей оценки, основанных на применении цепей Маркова, так и создание моделей действий ЧО с привлечением идей, изложенных в [5], а также разработка моделей на базе методики, предполагающей последовательное пошаговое описание и оценку, как действий оператора, так и факторов, определяющих качество работы ЧМС [6]. Эта методика является комплексной и рассчитана на использование информации, получаемой как от человека-оператора, так и от технических систем и оборудования, а также от пассивных наблюдателей и экспертов.

Литература

1. Панасенко И. М., Проскурякова Н. Г. Экспериментальные исследования деятельности оператора сложного технологического объекта // Приборы и системы управления. 1974, N∘ 1. – С. 23–24.

2. Бабиков В.М., Панасенко И.М. Учет человеческого фактора при обеспечении надежности человеко-машинных систем // Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинзберга, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. –С. 135-150.
3. Панасенко И.М., Бабиков В.М. Фиксация и идентификация ошибок человека-оператора // Труды Международной конференции «Идентификация и проблемы управления» SICPRO'2000. Москва, 26-28 сентября 2000 г. –М.: Институт проблем управления им. В.А. ТрапезниковаРАН. 2000. –С. 761-775.
4. Panasenko I., Babikov V. Identification of human-operator errors and the task of intelligent agents // Proceedings of the 2nd Workshop on Agent-Based Simulation, April 2-4, 2001, Passau, Germany. – P. 143-148.
5. A.Yu. Zalozhnev, V.B. Polozhishnikov, "Trajectory planning for rail freight shipping", presented at the 2018 IEEE/CSAA Guidance, Navigation and Control Conference (IEEE/CSAA GNCC2018), Xiamen, China, August 10-12, 2018, Paper number 218.
6. Бабиков В.М. Вопросы оценки надежности человеко-машинных систем на базе сетей доверия. // Труды XXI международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: ИПУ РАН. 2013.– С. 86-91.

О ВЛИЯНИИ СИТУАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОТОКИ ЗАДАНИЙ НА АКТУАЛИЗАЦИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ БАЗ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АСУТП АЭС

Байбулатов А.А.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
bajbulatov@mail.ru

Аннотация: Представлен краткий обзор ситуативных факторов, влияющих на разработку и сопровождение информационных систем. Приведены результаты исследования потоков заданий на актуализацию информационных баз верхнего уровня АСУТП АЭС, показано воздействие ситуативных факторов и выделены наиболее важные из них.

Ключевые слова: ситуативные факторы, потоки заданий, актуализация, информационная база, АСУТП, АЭС.

Введение

Известно, что разработка и сопровождение, включая актуализацию, информационных баз систем управления крупномасштабных промышленных объектов – это довольно длительный процесс, нередко требующий до десяти и более лет. Для информационных баз верхнего уровня автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) АЭС этот процесс имеет итерационный характер: задания на актуализацию поступают настолько часто, что образуют потоки. Знание характеристик потоков заданий позволяет обосновывать и надлежащим образом проектировать средства актуализации, а также оценивать временны*е* затраты на актуализацию.

Как правило, выделяют две основные причины многократной выдачи заданий на актуализацию и образования потоков:

1) добавление новых функциональных возможностей, ввод новых модулей и подсистем;

2) выявление в информационной базе ошибок, несоответствий и неточностей.

Первая причина проявляется на этапах проектирования и пуско-наладки, а вторая – на протяжении всего жизненного цикла.

Однако, только эти две причины не могут объяснить сложные статистические характеристики потоков заданий. Ответ, по-видимому, заключается в том, что каждый программный продукт (проект) уникален – обладает своей спецификой, зависящей от конкретной ситуации, т.е. подвержен ситуативным факторам.

Работа посвящена потокам заданий на актуализацию информационных баз (в части сигналов и мнемосхем) систем верхнего блочного уровня (СВБУ) АСУТП АЭС «Куданкулам» энергоблоков (ЭБ) 1 и 2 (Индия): приведены характеристики потоков, показано влияние ситуативных факторов, выделены наиболее важные из них.

1 Обзор ситуативных факторов, влияющих на разработку и сопровождение информационных систем

Ситуативные факторы – это довольно сложное и противоречивое понятие из области социальной психологии [1], которое, тем не менее, широко используется в сферах, связанных с человеческой деятельностью, таких как воспитание, образование, управление, маркетинг.

Что касается информационных систем, то здесь понятие ситуативных факторов связано с необходимостью объяснения характеристик процесса разработки и сопровождения программного обеспечения (ПО), которые не укладываются в существующие отработанные модели. Изначально для вывода ситуативных факторов, влияющих на процесс разработки ПО, использовалось 7 смежных областей знаний, относящихся к разработке ПО [2]: модели и стандарты, факторы риска, оценка затрат, факторы окружения, адаптация процесса, степень необходимой гибкости процесса, знания по инженерии ПО (англ. Software Engineering Body of Knowledge, SWEBOK). Вывод ситуативных факторов был проведен с помощью «обоснованной теории» (англ. Grounded theory) [2].

В настоящее время известно 44 ситуативных фактора, влияющих на процесс разработки и сопровождения ПО, которые объединены в 8 классификационных групп [2] (Таблица 1). При этом каждый фактор определяется несколькими подфакторами, суммарное количество которых достигает 170.

Таблица 1. Ситуативные факторы и их классификационные группы

Группа факторов	**Факторы**
Персонал	Текучесть, размер команды, культура, опыт, сплоченность, квалификация, производительность, обязательства, дисгармония, изменчивость
Требования	Выполнимость, стандарты, строгость, степень риска
Применение	Производительность, сложность, тип, размер, предсказуемость, связность, повторное использование, фаза разработки, профиль развертывания, качество
Технология	Знания, новые технологии
Организация	Зрелость, обязательства управленческого персонала, стабильность, структура, оборудование, размер
Эксплуатация	Конечные пользователи, предпосылки
Управление	Компетентность, достоинства, целостность
Бизнес	Внешние зависимости, двигатели бизнеса, время до рынка, удовлетворенность заказчика, соглашения об оплате, возможности, величина возможных потерь

2 Результаты исследования потоков заданий на актуализацию информационных баз

2.1 Основные характеристики

Потоки заданий на актуализацию информационных баз СВБУ представляют собой совокупность отдельных потоков заданий на мнемосхемы и на сигналы, каждый из которых является временны*м* рядом, где пакеты случайного размера поступают в случайные моменты времени. Для выявления характеристик потоков были исследованы выборки размеров пакетов и выборки интервалов времени между пакетами для мнемосхем и для сигналов [3]. В исследовании использовались методы описательной статистики, т.е. представление данных посредством таблиц, графиков, статистических показателей и гистограмм эмпирических распределений; сравнительно большие выборки (с числом элементов более 30) были исследованы на нормальное и экспоненциальное распределения, а также на корреляцию и автокорреляцию.

Проведенное исследование показало, что все потоки заданий, включая потоки мнемосхем, потоки сигналов, для ЭБ-1 и для ЭБ-2, обладают следующими общими характеристиками: значительная продолжительность (более 8 лет), недетерминированность, неординарность, невозможность подбора простого закона распределения (нормального или экспоненциального), отсутствие корреляции между размерами пакетов и интервалами времени между ними, отсутствие автокорреляции, неоднородность, нестационарность, начиная с этапа пуско-наладки отрицательный тренд.

В то же время, потоки заданий на сигналы имеют некоторые характеристики, отличные от потоков заданий на мнемосхемы: они более насыщенны на этапе проектирования, более однородны как по размерам пакетов, так и по интервалам времени между ними, в целом менее насыщенны. Большие объемы заданий на сигналы наблюдаются на всех этапах жизненного цикла, в отличие от заданий на мнемосхемы, объемы которых существенно сокращаются на этапе эксплуатации.

Если сравнить потоки заданий на мнемосхемы и на сигналы по энергоблокам (ЭБ-1 и ЭБ-2), то можно отметить, что они схожи по некоторым статистическим показателям размеров пакетов (средний размер пакета в пределах стандартной ошибки, медиана, мода, стандартное отклонение). Но потоки заданий ЭБ-1 значительно более насыщенны, чем потоки заданий ЭБ-2 (превосходят их по суммарному числу мнемосхем или суммарному объему изменений сигналов, числу пакетов, числу пакетов в рабочий день, максимальному размеру пакета). Объясняется это тем, что в соответствии с проектом ЭБ-2 референтен ЭБ-1.

Основной вывод из исследования заключается в том, что потоки заданий не являются пуассоновскими, поэтому к ним сложно подобрать простую статистическую модель, например, теории массового обслуживания, и эффективно ее анализировать. В результате, для расчета временны*х* затрат на актуализацию был выбран математический аппарат теории детерминированных систем с очередями Network calculus, который в отличие от теории массового обслуживания работает не с функциями распределения вероятностей, а с детерминированными ограничениями.

2.2 Влияние ситуативных факторов

Результаты исследования показали, что к потокам заданий на актуализацию информационных баз СВБУ невозможно подобрать какую-либо простую статистическую модель. В частности, потоки не удовлетворяют экспоненциальному закону распределения ни на одном из этапов жизненного цикла. С другой стороны, как было указано выше, на этапе эксплуатации потоки заданий определяются единственной причиной, связанной с выявлением ошибок в информационной базе, а в соответствии с известными моделями интенсивность выявленных в ПО ошибок убывает экспоненциально и на длительных временны*х* интервалах переходит в константу [4]. Поэтому ожидалось, что выборки потоков заданий (возможно, не все из них) будут удовлетворять экспоненциальному закону. Выявленное несоответствие характеристик потоков классическим моделям объясняется влиянием ситуативных факторов.

Не было также обнаружено никакой корреляционной зависимости между размерами пакетов и интервалами времени между ними, хотя из простых физических соображений такая корреляция возможна с большой вероятностью. Объясняется это также ситуативными факторами.

Таким образом, сложность потоков заданий, невозможность представить их простыми статистическими законами определяется воздействием ситуативных факторов. При этом влияние могут оказывать все факторы, выделенные для информационных систем (Таблица 1). Если же рассмотреть схожие проекты, например, информационные базы СВБУ различных энергоблоков одной АЭС, то, очевидно, что значения большинства факторов для этих проектов будут совпадать. Действительно влияющими на различия проектов, скорее всего, окажутся факторы, относящиеся к группе персонала (Таблица 1): культура (культура команды, устойчивость к изменениям), опыт (общий опыт, опыт команды, различия в команде, опыт применения, опыт аналитиков, опыт программистов, опыт тестировщиков, опыт методологии разработки, опыт платформы), сплоченность (общая сплоченность, способность команды успешно завершать задания, способность команды работать с неопределенными элементами и неточными целями, сверхзависимость членов команды, распределенные команды, географически удаленные команды), квалификация (эксплуатационные знания, компетентность команды, понимание командой применения), производительность (общая производительность, способность команды быстро выполнять задачи), обязательства (обязательства по отношению к проекту среди членов команды). Поэтому именно эти факторы являются наиболее важными для разработки и сопровождения информационных баз СВБУ.

Выводы

Знание ситуативных факторов позволяет объяснять наблюдаемые сложные статистические характеристики потоков заданий на актуализацию информационных баз верхнего уровня АСУТП АЭС, а также более точно прогнозировать эти характеристики, не полагаясь исключительно на известные модели и эмпирические данные завершенных проектов. Определив ситуативные факторы и спрогнозировав потоки заданий на актуализацию, можно проектировать необходимые программные и технические средства актуализации, а также оценивать соответствующие временны*е* затраты на актуализацию [5]. Данный вывод применим также для информационных баз других систем управления.

Литература

1. *Rauthmann J.* Situational Factors. Chapter in Book: Springer Encyclopedia of Personality and Individual Differences. Ed.: Zeigler-Hill V., Shackelford T.– Springer, 2017.– P. 1-8.
2. *Clarke P, O'Connor R.V.* The situational factors that affect the software development process: Towards a comprehensive reference framework // Information and Software Technology. May 2012. Vol. 54, Issue 5. – P. 433-447.
3. *Байбулатов А.А.* Исследование потоков заданий на актуализацию информационной базы верхнего уровня АСУТП АЭС // Труды Девятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD'2016 (Москва, 3-5 октября 2016 г.). М.: ИПУ РАН, 2016. т. 2. – С. 161-170.
4. *Mohd R., Nazir M. Software* Reliability Growth Models: Overview and Applications // Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences. Sep. 2012. Vol. 3, No. 9. – P. 1309-1320.

5. *Baybulatov A.A.* A Novel Approach to Estimating Databases Maximum Updating Time // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. Vol. 658. – P. 104-112.

ИНТЕРФЕЙСНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КАНАЛЫ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ В АСУ ТП АЭС

Бывайков М.Е.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва
poletik@ipu.ru

Аннотация: Рассматриваются методы программирования интерфейсных каналов обмена данными, входящих в программное обеспечение шлюзов между системами верхнего уровня и системами нижнего уровня АСУ ТП АЭС. Описываются структура пакетов данных в шлюзах, способы обмена данными и алгоритмы реализации этих способов.

Ключевые слова: атомная электростанция (АЭС), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), система верхнего уровня (СВУ), интерфейсные шлюзовые программные каналы.

Введение

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) атомных электростанций (АЭС) является крупномасштабной промышленной системой. Система верхнего уровня (СВУ) выполняет функции интегрирующей подсистемы АСУ ТП. Важный этап разработки АСУ ТП АЭС состоит в программировании интерфейсных каналов обмена данными между СВУ и смежными системами нижнего уровня (СНУ) АСУ ТП АЭС. В данной работе рассматриваются интерфейсные каналы применительно к программному продукту [1,2], разработанному в Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН). Далее будем называть этот программный продукт программным обеспечением (ПО) СВУ.

В состав СНУ АСУ ТП АЭС входят шлюзы, являющиеся важным звеном программно-технических каналов обмена данными с СВУ. ПО шлюзов реализует программный интерфейс между ПО СВУ и ПО СНУ, изготовленными на базе различных систем автоматизации нижнего уровня.

В данной работе описываются методы программирования интерфейсных каналов обмена данными между СВУ и СНУ на базе системы автоматизации нижнего уровня «Типовые программно-технические средства» (ТПТС), которые разрабатываются и изготавливаются Всероссийским научно-исследовательским институтом автоматики им. Н.Л.Духова РосАтома [3]. СНУ на базе ТПТС составляют значительную часть подсистем АСУ ТП энергоблоков АЭС «Бушер-1» (Иран) и «Куданкулам-1,2» (Индия), введенных в эксплуатацию, а также строящихся энергоблоков «Куданкулам-3,4».

1 Структура интерфейсных программных каналов между СВУ и СНУ АСУ ТП АЭС

По интерфейсным программным каналам между ПО СВУ и СНУ АСУ ТП АЭС передаются следующие типы данных:

- входные данные СВУ, являющиеся оперативной информацией о состоянии технологических процессов АЭС для отображения на автоматизированных рабочих местах (АРМ) операторов СВУ (специалистов, осуществляющих контроль и управление АЭС), а также информацией для записи в архивы СВУ;
- выходные данные СВУ, которые включают передачу в СНУ команд управления, введенных операторами, и запросы входных данных из СНУ.

Интерфейсные программные каналы реализованы между ПО функциональных модулей СНУ и ПО, следующих функциональных подсистем СВУ:

- информационно-управляющую систему реакторного отделения (ИУРО);
- информационно-управляющую систему турбинного отделения (ИУТО);
- информационно-управляющую систему неоперативного контура управления (ИУН);
- информационную систему администрирования технических и программных средств (АТПС) АСУ ТП.

Связь технических средств подсистем СВУ со шлюзами осуществляется с использованием сетевого оборудования СВУ, реализующего интерфейсные каналы локальной вычислительной сети Ethernet.

ПО шлюза обменивается с ПО функциональных модулей СНУ информационными сообщениями (пакетами данных), посылаемыми из ПО функциональных модулей СНУ в ПО шлюза и в обратном направлении.

Для связи шлюзов с техническими средствами функциональных моделей СНУ используется системная шина СНУ [3].

Состав СНУ АСУ ТП зависит от конкретного энергоблока АЭС. Рассмотрим интерфейсные программные каналы между ПО СВУ и ПО СНУ на базе ТПТС на примере АЭС «Куданкулам-1,2» (Индия).

ПО СВУ обменивается данными со следующими СНУ на базе ТПТС:

- системой контроля и управления (СКУ) реакторного отделения;
- СКУ турбинного отделения;
- СКУ турбогенератора;
- СКУ электрической части системы регулирования;
- СКУ спецводоочистки;
- СКУ системы вентиляции;
- системой автоматической противопожарной защиты.

2 Элементы интерфейсных программных каналов между СВУ и СНУ АСУ ТП АЭС

В ПО СВУ и ПО СНУ для контроля и управления технологическими процессами АЭС в АСУ ТП используются следующие основные типы элементов технологических процессов:

- датчик аналогового параметра;
- датчик дискретного параметра;
- сигнализация (аварийная, предупредительная и др.);
- запорная арматура;
- насос;
- регулирующая арматура;
- регулятор;
- переключатель.

Для отображения информации о состоянии СНУ на АРМ подсистемы АТПС СВУ используются следующие основные типы элементов АСУ ТП:

- функциональный модуль СНУ;
- программный канал функционального модуля СНУ;
- приборная стойка (шкаф) СНУ;
- сигнал о неисправности СНУ.

Функциональный модуль СНУ соответствует элементу технических средств, установленному в приборной стойке СНУ. Программный канал функционального модуля СНУ соответствует одному из элементов технологических процессов, подключенных к этому функциональному модулю СНУ.

В приборную стойку СНУ могут быть установлены следующие типы функциональных модулей, которые могут быть запрограммированы для заданного числа соответствующих программных каналов:

- модуль обработки аналоговых параметров;
- модуль обработки дискретных параметров;
- модуль управления запорными арматурами и насосами;
- модуль управления регулирующими арматурами и регуляторами;
- модуль противоаварийной автоматики;
- модуль группового управления.

Базовым элементом данных в интерфейсных программных каналах между ПО СВУ и ПО СНУ АСУ ТП служит понятие сигнала, описывающего один из параметров технологических процессов АЭС [4].

Для передачи диагностической информации о состоянии функциональных модулей СНУ применяются входные дискретные векторные сигналы, которые поступают в ПО шлюза в виде целых чисел (слов) и состоят из нескольких бит, образующих элементы вектора. В ПО СВУ эти биты преобразуются в отдельные сообщения сигнализации.

3 Способы обмена данными в интерфейсных программных каналах

Возможны следующие способы обмена информационными сообщениями (пакетами данных), между ПО шлюза и ПО функциональных модулей СНУ:

- циклическая передача пакетов данных из ПО СНУ в ПО шлюза;
- событийная передача пакетов данных из ПО СНУ в ПО шлюза;
- передача пакетов данных, содержащих запросы сигналов, из ПО шлюза в ПО СНУ;
- передача пакетов данных из ПО СНУ в ПО шлюза в ответ на запрос данных;
- передача пакетов данных, содержащих команды управления операторов СВУ, из ПО шлюза в ПО СНУ.

Циклическая передача выполняется с заданным периодом времени и включает все сигналы в пакетах данных этого типа. Событийная передача включает передачу только изменений сигналов (событий): изменений значений сигналов или признаков недостоверностей сигналов.

Для передачи данных из ПО СНУ в ПО шлюза используются следующие типы пакетов данных:

AKS - аналоговые сигналы, передаваемые циклически или событийно; MKS - дискретные сигналы, передаваемые циклически или событийно; BST – дискретные векторные сигналы, передаваемые событийно; PL - аналоговые или дискретные векторные сигналы, передаваемые в ответ на запрос из ПО шлюза.

Для передачи команд управления из ПО шлюза в ПО СНУ используются пакеты данных типа PS - аналоговые или дискретные сигналы, передаваемые по командам операторов СВУ.

Протокол обмена пакетами данных между ПО шлюза и ПО функциональных модулей СНУ реализован с учетом:

- большого количества сигналов в базе данных ПО СНУ;
- ограничений на интенсивность потока данных по системной шине СНУ.

Заключение

Рассмотрены методы программирования интерфейсных каналов обмена данными между ПО СВУ и СНУ АСУ ТП АЭС на примере системы автоматизации ТПТС. Эти методы реализованы в виде алгоритмов ПО шлюза с использованием языка программирования С.

Многолетний опыт внедрения рассмотренных методов позволяет рекомендовать их разработчикам не только АСУ ТП АЭС, но также автоматизированных систем контроля и управления другими сложными техническими объектами.

Литература

1. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Прангишвили И.В., Промыслов В.Г. Опыт проектирования и внедрения системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС // Автоматика и Телемеханика, 2006, № 5, с. 65-79.

2. Менгазетдинов Н.Э., Бывайков М.Е., Зуенков М.А., Промыслов В.Г., Полетыкин А.Г. и др. Комплекс работ по созданию первой управляющей системы верхнего блочного уровня АСУ ТП для АЭС "Бушер" на основе отечественных информационных технологий [Электронный ресурс]: монография. М.: ИПУ РАН, 2013. – ISBN 978-5-91450-130-0.

3. Бармаков Ю.Н. Средства автоматизации, разрабатываемые ВНИИА в рамках программы развития атомной энергетики России // Автоматизация в промышленности, 2006, , № 8, с. 49-51.

4. Бывайков М.Е., Акафьев К.В., Байбулатов А.А., Зуенкова И.Н. База данных системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС: структура и методика разработки // Ядерные измерительно-информационные технологии, 2014, , № 4, С. 24-31.

СОПРОВОЖДЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

Валеев С.С., Кондратьева Н.В., Никитин А.П.

Уфимский государственный авиационный технический университет,
Россия, г. Уфа, ул. Карла Маркса д.12
vss2000@mail.ru, knv24@mail.ru, daddy_palych@mail.ru

Аннотация: Рассматривается проблема сопровождения системы технической безопасности на основе информационной избыточности. Обсуждается проектирование систем управления рисками. Предлагается информационная поддержка на основе технологий IoT и больших данных для определения динамики рисков. Эффективность метода оценивалась посредством моделирования процесса принятия решений в критической ситуации.

Ключевые слова: крупномасштабная система, система технической безопасности, избыточность информации.

Введение

При проектировании многоуровневых систем управления рисками в объектах инфраструктуры учитываются особенности самого объекта и внешней среды. Во время работы системы основное внимание уделяется поддержанию целостности системы [1, 2]. В ряде случаев целесообразна разработка универсального проектного решения с учетом возможности использования имеющихся данных о состоянии инфраструктурных объектов заданного класса и состояния внешней среды. Подобная информация генерируется различными сенсорами и накапливается в распределенных базах данных. Развитие технологий больших данных и алгоритмов их анализа позволяет решать задачи получения обобщенных характеристик для того или иного случая [3-5]. Кроме того, в критической ситуации возникает множество факторов неопределенности, которые необходимо учитывать при принятии решения по минимизации рисков. В настоящее время решение проблемы снижения рисков в условиях неопределенности является важной задачей [6-8].

Как правило, системы технической безопасности (СТБ) отвечают за предупреждение и возможное предотвращение нежелательных последствий различных угроз. К ним относятся, например, противопожарные системы, системы видеонаблюдения и системы контроля доступа. Общей особенностью упомянутых систем является стационарное размещение датчиков в соответствии с техническими требованиями к конструкции СТБ. Предполагается, что поле данных, используемое для реализации основных задач СТБ однородное (стационарное). Однако эта однородность нарушается, так как некоторые датчики выходят из строя. При этом снижается эффективность обнаружения пожара на начальном этапе, что может привести к катастрофическим последствиям. Информационная поддержка в критических ситуациях на основе системы поддержки принятия решений (СППР) предлагается в качестве инструмента снижения риска. В связи с этим целесообразно разработать СППР на основе информационной избыточности, а именно технологий интернета вещей (IoT) и технологий больших данных (Big Data).

1 Информационная избыточность

Информационная избыточность определяется как информация о состоянии окружающей среды и объекта мониторинга, собираемая с заданной периодичностью на этапе эксплуатации системы технической безопасности. Собранная информация позволяет внедрить систему распознавания состояния внешней среды и внутренней среды для дальнейшей оценки динамики рисков.

Проектирование СППР оправдано для сложных инфраструктур и процессов. Эффективное принятие решений в критических ситуациях в крупномасштабных системах в условиях, описанных выше сложно обеспечить централизованной схемой. Поэтому предлагается двухуровневая система поддержки принятия решений, которая снижает общую сложность задачи принятия решений и, как следствие, увеличивает скорость процесса минимизации рисков.

Поток информации от датчиков исполнительного уровня поступает на уровень системы сбора данных и системы управления. База данных датчиков и исполнительных механизмов получает информацию о состоянии элементов исполнительного уровня. В обратном направлении передается информация, которая необходима для эффективного функционирования датчиков и приборов. Принятие решений на уровне координации в реальном времени основано на результатах работы нейронной сети. СППР рекомендует оптимальные варианты оптимизации риска для данной ситуации на основе взвешенной меры эффективности G, определяемую как

$$G = \sum_{i=1}^{N} w_i g_i, \quad (1)$$

где значения весов w_i задаются экспертом, а g_i являются частными показателями эффективности, характеризующими критическую ситуацию в данный момент времени. Ядро СППР представляет собой базу данных, в которой несколько сценариев хранятся вместе с соответствующими показателями эффективности. Также в рамках исследования рассматривается концепция разработки интеллектуальной отказоустойчивой системы сбора данных. Она основана на иерархической организации системы сбора данных, которая гарантирует контроль состояния объекта в непрерывном режиме.

2 Оценка эффективности СППР

Обобщенная схема распределенной системы технической безопасности на основе информационной избыточности представлена на рис. 1. Система включает в себя физический уровень данных (ФУД), уровень базы данных (УБД), уровень моделей риска (УМР).

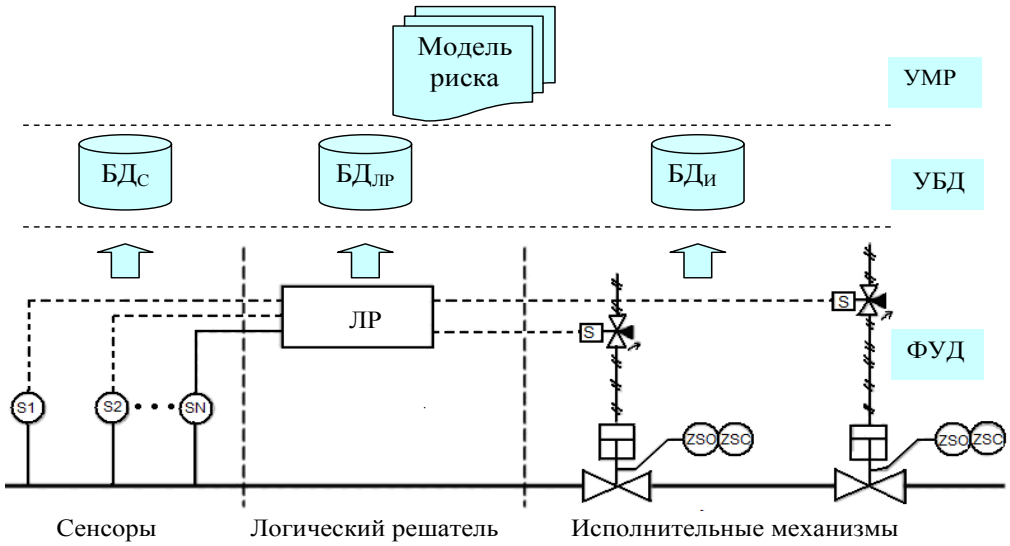


Рис. 1. Поддержка распределенной системы технической безопасности на основе информационной избыточности

На рис. 2 представлены компоненты УМР. Уровни риска рассчитываются с использованием данных, получаемых с интеллектуальных сенсоров (рис. 2, *а*).

Возможное распределение уровней риска представлено на рис. 2, *б*, где значения уровней риска обозначены разными цветами; вершины графа определяют возможные действия по минимизации рисков. Основной задачей принятия решений является поиск маршрута с минимальным риском. Дерево решений представлено на рис. 2, *в*.

Для практической реализации поддержки распределенных систем технической безопасности крупномасштабных систем с применением СППР на основе избыточности информации требуются высокопроизводительные вычислительные системы.

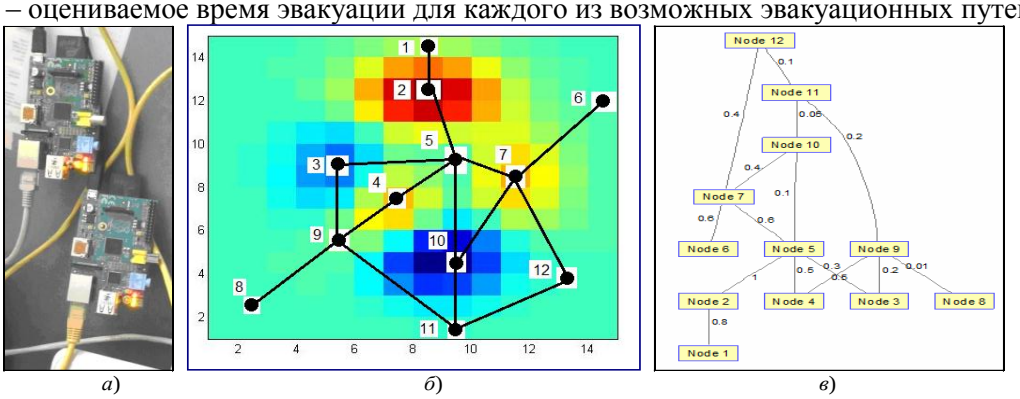
Например, в качестве критерия эффективности СППР может быть принят риск:

(2) $$Q_E = 1 - P_E,$$

где P_E – вероятность успешного результата, например, в случае критической ситуации:

(3) $$P_E = \frac{0{,}8 \cdot t_{bl} - t_{est}}{0{,}8 \cdot t_{bl}}, \quad t_{est} < 0{,}8 \cdot t_{bl},$$

где t_{bl} – время блокирования выходов из инфраструктурного объекта (в рассматриваемом случае t_{bl} = 288 с); t_{est} – оцениваемое время эвакуации для каждого из возможных эвакуационных путей.



а) *б*) *в*)

Рис. 2. Компоненты уровня моделирования риска (УМР)

Таблица 1. Результаты моделирования уровней риска

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0	1 1	1 2
Exit 1 (node 6)	2 . 9	2 . 1	1.4	1 . 6	1 . 1	0	0 . 6	1.26	1.25	1	1.05	1
Exit 2 (node 11)	1.95	1.15	0.4	0.65	0.15	1.05	0.45	0.21	0 . 2	0.05	0	0.1

Расчетное время эвакуации зависит от выбранного решения, включая G:

(4) $$t_{est} = f(P_E, G).$$

Оценка эффективности предложенного подхода основывалась на моделировании процесса принятия решения при эвакуации из пункта 5 (рис. 2, *б*) крупномасштабной системы, имеющей два выхода. Значение полученных значений рисков представлены в табл. 1. Пути эвакуации с минимальным риском, приводящие к выходу № 2, были найдены в результате принятия решения с помощью интеллектуальной СППР.

Заключение

Рассмотрена задача поддержки распределенной системы технической безопасности на основе информационной избыточности. Информационная избыточность определяется как информация о состоянии окружающей среды и объекта мониторинга, собираемая с заданной периодичностью на этапе эксплуатации системы технической безопасности. Собранная информация позволяет внедрить систему распознавания состояния внешней среды и внутренней среды для дальнейшей оценки динамики рисков. Эффективность метода оценивалась посредством моделирования процесса принятия решений в критической ситуации

Литература

1. Васильев С.Н., Цвиркун А.Д. Проблемы управления развитием крупномасштабных систем в современных условиях // В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016 труды девятой международной конференции. 2016. – С. 13-22.
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/safety-pp002_-en-e.pdf

2. Валеев С.С., Таймурзин М.И., Кондратьева Н.В. Адаптивная система сбора информации в технических системах безопасности // Автоматизация в промышленности. 2011. № 4. – С. 11-14.

3. Weisenpacher P., Halada L., Glasa J. Computer Simulation of Fire in a Tunnel Using Parallel Version of FDS // in Proc. of the Mediterranean Combustion Symp., Assoc. Sezione Italiana del Combustion Inst., 2011.

4. Yang P., Li C., Chen D., Fire Emergency Evacuation Simulation Based on Integrated Fire–Evacuation Model with Discrete Design Method // Advances in Engineering Software, vol. 65, 2013. – P. 101-111.

5. Zack M. H. The Role of Decision Support Systems in an Indeterminate World // Decision Support Systems. Vol. 43, 2007, – P. 1664-1674.

6. Валеев С.С., Кондратьева Н.В., Аглетдинова А.Ф. Проектирование автоматизированной системы управления эвакуацией в критических ситуациях на основе принципов системного инжиниринга // Научный вестник МГТУГА, 2015, № 217 (7). – С. 150-156.

7. Кондратьева Н.В., Валеев С.С. Архитектура распределенной системы управления эвакуацией в критических ситуациях на основе парадигмы больших данных // В сб.: Управление развитием крупномасштабных систем. Материалы Восьмой межд. конф.: в 2 томах. ИПУ им. В.А.Трапезникова, 2015. – С. 109-113.

СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЯХ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ

Волков А.Н., Копырин А.С., Кондратьева Н.В., Валеев С.С.

Сочинский государственный университет,
Россия, г. Сочи, ул. Политехническая д.7
volkovsochi@gmail.com, kopyrin_a@mail.ru, knv24@mail.ru, vss2000@mail.ru

Аннотация: Рассматривается система сбора информации, использующая данные дистанционного зондирования земли, аэрофотосъемки, съемки с дронов, внутреннего мониторинга теплового состояния объектов рекреационной зоны, а также статистические данные об энергопотреблении зданий и сооружений. Обсуждается возможность определения уровня потерь энергии с использованием базы данных массивов изображений.

Ключевые слова: рекреационные зоны, энергопотребление, потери энергии, большие данные.

Одной из основных проблем при энергообеспечении рекреационных зон является возникновение пиковых нагрузок при сезонном повышении и понижении температуры воздуха [1-3]. Это приводит в некоторых случаях к энергетическим сбоям и вынужденному введению графиков подачи электро-энергии. Данные обстоятельства в значительной мере снижают уровень предоставляемых рекреационных сервисов, а также качества жизни населения региона. Повышение потребления энергии в системах охлаждения и системах отопления зданий и сооружений в рекреационных зонах приводит к различным видам тепловых потерь.

На рис. 1 представлены в обобщенном виде потребности в отоплении (а) и охлаждении (б) в рекреационной зоне г. Барселона, Испания. С учетом климатических условий рассматриваемой курортной зоны, потребление энергии на охлаждение в высокий сезон более значительное.

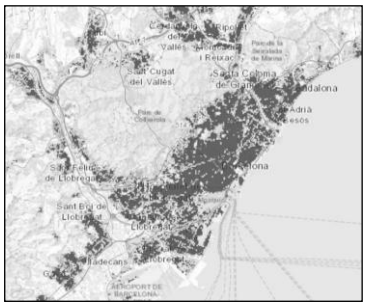
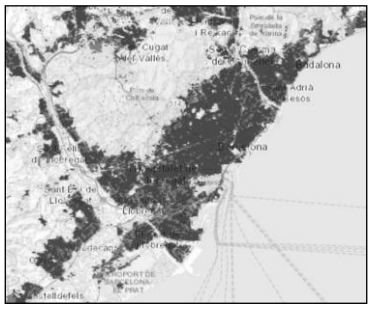

а)

б)

Рис. 1 Карта потребности в отоплении и охлаждении в г. Барселона (Испания)

Для сравнения на рис. 2 представлены в обобщенном виде потребности в отоплении (а) и охлаждении (б) в г. Хельсинки, Финляндия. С учетом климатических условий этой зоны, потребление энергии, используемой для отопления помещений более значительное.

Из всего этого можно сделать вывод о необходимости учета динамики потребления энергетических ресурсов и возможных потерь с учетом зональных климатический условий.

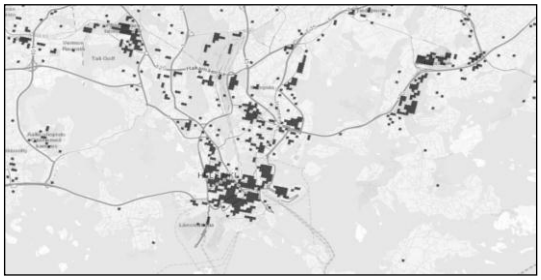

а)

б)

Рис. 2. Карта потребности в отоплении и охлаждении в г. Хельсинки (Финляндия)

Следует отметить, что используются различные способы генерации энергии для решения задач отопления и охлаждения, поэтому уровень и вид этих потерь энергии различаются.

Потребляемая энергия для нужд отопления и охлаждения может быть представлена в следующем виде:

$$C = C_H + C_C + C_O = (C_H^E + d_H) + (C_C^E + d_C) + C_O, \quad (1)$$

где С – общий уровень потребления различных видов энергии; СН – потребление энергии на нужды отопления; СС – потребление энергии на нужды охлаждения; СО – потребление энергии на другие нужды; C_H^E – нормативное потребление энергии на нужды отопления, исходя из норм потребления; C_C^E – нормативное потребление энергии на нужды охлаждения, исходя из норм потребления; dH, dC – соответствующие потери энергии.

Необходимо решить задачу оценки потерь энергии, связанных с отоплением и охлаждением. Обсуждается проблема сбора информации об уровне потерь энергии в рекреационных зонах.

Рассматривается многоуровневая система сбора информации, в которой на различных уровнях используются данные спутниковых снимков, аэрофотосъемки, съемки с дронов, а также данные внутреннего мониторинга теплового состояния объектов курортной зоны [4-6].

На рис.3 представлены результаты анализа термограммы рекреационной зоны. На основе анализа данных определяется интенсивность теплового излучения локализованного объекта и его координаты.

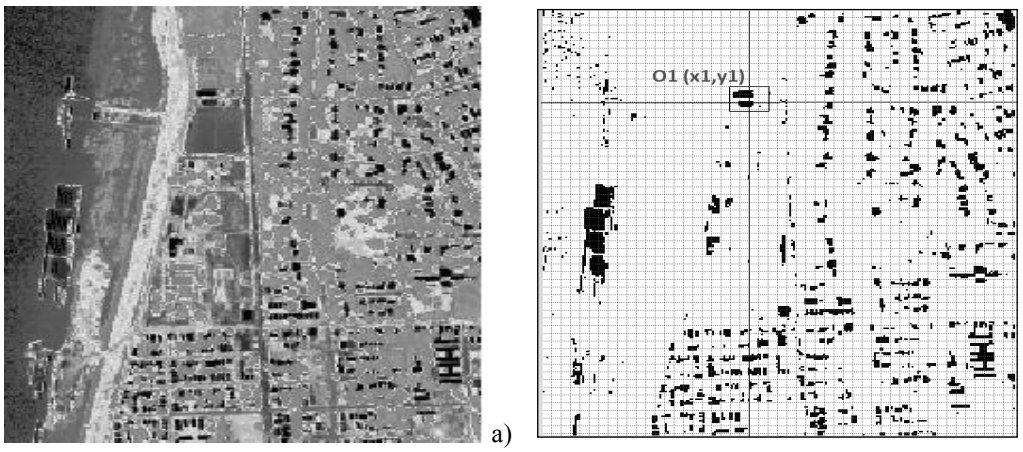


Рис. 3 Термограмма рекреационной зоны (а) и локализованный объект (б)

В качестве одного из источников информации могут использоваться статистические данные об уровне потребления электроэнергии, теплоносителей, получаемые из баз данных генерирующих компаний.

В настоящее время наблюдается активный интерес со стороны исследователей и практиков в области систем управления крупномасштабными объектами к технологиям больших данных. Это обусловлено успешной разработкой новых технологий передачи данных, внедрением концепции *NoSQL*, распределенной обработкой данных с применением облачных вычислений [7].

В рамках технологий больших данных возможно использование алгоритмов определения энергетических потерь на основе результатов анализа изображений и статистических результатов моделирования энергопотребления в заданном регионе.

В связи с этим, представляется целесообразной разработка информационной системы сбора данных об энергопотреблении, обеспечивающей эффективность процедуры выбора плана генерации тепловой энергии. На рис. 4 представлена обобщенная структура трехуровневой системы сбора данных мониторинга потребления энергии, используемой при отоплении, охлаждении объектов рекреационной зоны в различных климатических условиях.

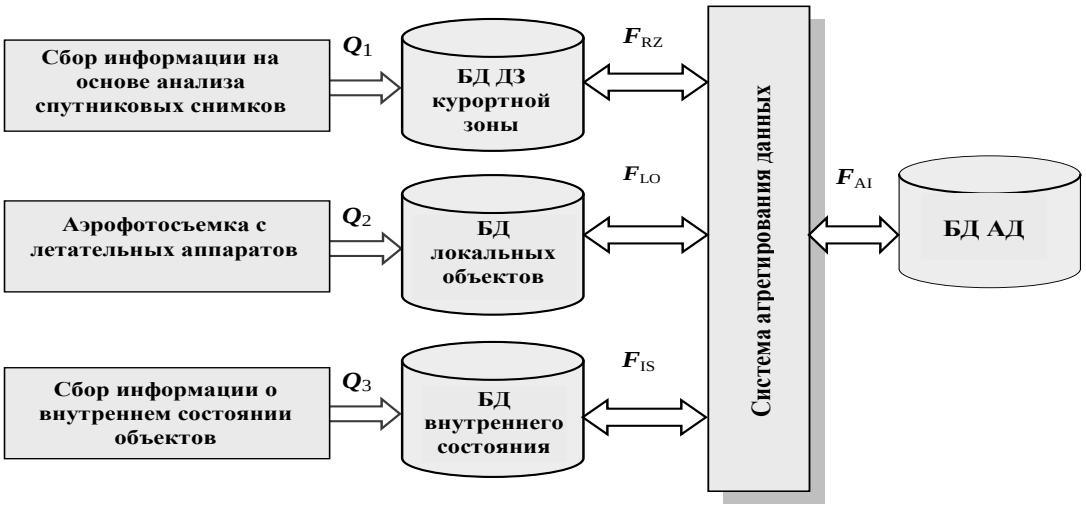


Рис. 4. Обобщенная схема трехуровневой системы сбора данных мониторинга потребления энергии

Особенностью организации вычислительных процессов и хранения данных в рассматриваемой системе является необходимость обработки данных о тепловом состоянии курортной зоны, тепловом состоянии объектов курортной зоны и внутреннем тепловом состоянии объектов, представленных в различных форматах. Сложность решения данной задачи обусловлена необходимостью достоверной локализации объектов и привязки всей доступной информации о потерях к этим объектам.

Система агрегирования данных (рис. 4) включает в себя подсистемы обработки изображений, определения уровня теплового состояния объектов, локализации объектов. Агрегированная информация размещается в базе данных БД АД.

Таким образом, рассматриваемая проблема связана в первую очередь с организацией сбора информации о тепловом состоянии объектов курортной зоны. Сложность решения обусловлена необходимостью хранения разнородной информации и решения задачи локализации объектов курортной зоны, определения тепловых потерь в разных климатических условиях с учетом особенностей использования энергии на различные нужды.

Литература

1. Volkov A.N., Leonova A.N., Karpanina E.N., Gura D.A. Energy performance and energy saving of life-support systems in educational institution // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. Vol. 9. № 28. – P. 931-944.

2. Ionkin V., Kopyrin A. Computer simulation as a forecasting tool of socio-economic dynamics (the Sochi resort region) // Proceedings of the 9th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST2009, 2009. – P. 431-440.

3. Kopyrin A. Simulation modelling of the municipal sanatorium-tourist branch // В сборнике: MATEC Web of Conferences, Ser. "International Science Conference SPbWOSCE-2017 "Business Technologies for Sustainable Urban Development", 2018. – P. 01030.

4. The Failure of Green Energy Policies – http://euanmearns.com/the-failure-of-green-energy-policies/

5. Анализ теплового состояния – http://nationwidedrones.co.uk/drone-infrared-inspection

6. Термографирование состояния объектов – http://preciseir.com/

7. Kondratyeva N.V., Valeev S.S. Simulation of the life cycle of a complex technical object within the concept of Big Data // CEUR Proceedings of 3rd Russian Conference Mathematical Modeling and Information Technologies, 2016.– P. 216-223.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ КАУЗАЛЬНЫХ МНЕМОСХЕМ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Гучук В.В

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
polma@bk.ru

Аннотация: В интерактивных системах управления сложными динамическими объектами человек-оператор должен иметь полное представление о состоянии управляемых объектов. Это огромный объем быстроменяющихся данных. В то же время надо обеспечить возможность адекватного восприятия человеком представленной информации для принятия осознанных и эффективных управляющих действий, чтобы заранее предпринять меры для возможного предотвращения возникновения нештатных или аварийных ситуаций. В работе описываются особенности технологии разработки нового класса представлений – каузальных мнемосхем. Затрагиваются сопутствующие вопросы интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств.

Ключевые слова: система управления, человек-оператор, визуализауия, каузальная мнемосхема, нештатная ситуация.

Введение

При создании интерактивных систем мониторинга и управления сложными научно-техническими объектами одной из важнейших является задача разработки механизмов предотвращения нештатных и аварийных ситуаций [1]. Во многих таких объектах время между явным проявлением скатывания управляемого объекта в нештатный режим и началом неуправляемого развития аварии бывает настолько мало, что ситуацию уже невозможно выправить никаким образом. Одним из путей решения проблемы является своевременная перестройка системы управления, а именно упреждающая критериальная адаптация, предложенная автором в [2]. Упреждающая критериальная адаптация – это ситуационно-контекстная настройка системы управления для наиболее эффективного реагирования на возникающую ситуацию в управляемом объекте, включающая в себя актуализацию необходимых алгоритмов выхода из конкретной нештатной ситуации, освобождение системы прерывания для возможности оперативного реагирования на сигналы о развитии нештатной ситуации, корректировку пороговых значений определяющих параметров для более раннего

обнаружения разладки и т.п. Процессы, протекающие в новых разрабатываемых научно-технических объектах, часто бывают не полностью изучены и не должным образом формализованы. Поэтому, помимо соответствующего конструирования алгоритмов управления, следует обеспечить полноценное участие человека-оператора в процессе управления. Одним из инструментов визуальной поддержки, который может способствовать оперативному оцениванию ситуации человеком-оператором, являются мнемосхемы [3]. Мнемосхема представляет собой наглядное графическое изображение функциональной схемы управляемого или контролируемого объекта, оформленное в виде структуры символов, отображающих элементы системы (или процесса) с их взаимными связями. Мнемосхемы помогают оператору, работающему в условиях большого количества поступающей информации, облегчить процесс информационного поиска, подчинив его определенной логике, порождаемой реальными связями параметров исследуемого объекта. В работе [4] предложен новый класс представлений – каузальные мнемосхемы, которые расширяют возможности обычных мнемосхем. Каузальные мнемосхемы являются именно тем инструментарием, который лает возможность человеку-оператору получить развернутое и детальное представление о состоянии управляемого объекта, выявить первопричину возникновения нештатной ситуации, оценить масштаб происходящего события и определить возможность его локализации, предпринять осознанные действия по предотвращения развития нештатной или аварийной ситуации.

1. Каузальные мнемосхемы

Каузальные мнемосхемы предназначены для отображения не столько элементов системы, сколько взаимосвязи процессов, протекающих в ней, причинно-следственной картины наблюдаемых событий, взаимоувязанных реакций подсистем на управляющие воздействия, отображения динамики распределения напряженности узлов и агрегатов и т.п. Каузальные мнемосхемы могут быть использованы как инструментарий для организации встречного логико-иерархического анализа ситуации, предложенного в [5], в котором параллельно осуществляются два иерархических процесса. На верхнем уровне (гипотетическом, огрубленном) анализируется связь макроявления (например, значение базового, определяющего показателя) с наиболее вероятными порождающими причинами. Далее - подтверждение на более низком уровне каждого из выбранных вариантов потенциально возможными причинами, например, происходящими процессами в подсистемах, описанных измеряемыми параметрами. На нижнем уровне – выделение по измеряемым параметрам не совсем нормативно протекающих процессов в подсистемах, а на более высоком уровне проверка влияния этих процессов на смежные (непосредственно связанные) подсистемы и далее определение возможного участия всего предыдущего в наблюдаемом макроявлении. В определенном смысле элементы такого анализа реализуются при работе человека-оператора в уже существующих системах. Основное отличие в том, что для большей эффективности с помощью каузальных мнемосхем осуществляется визуальная поддержка такого анализа, что предположительно позволит проводить его более содержательно и оперативно. Рис. 1 иллюстрирует такого типа представление.

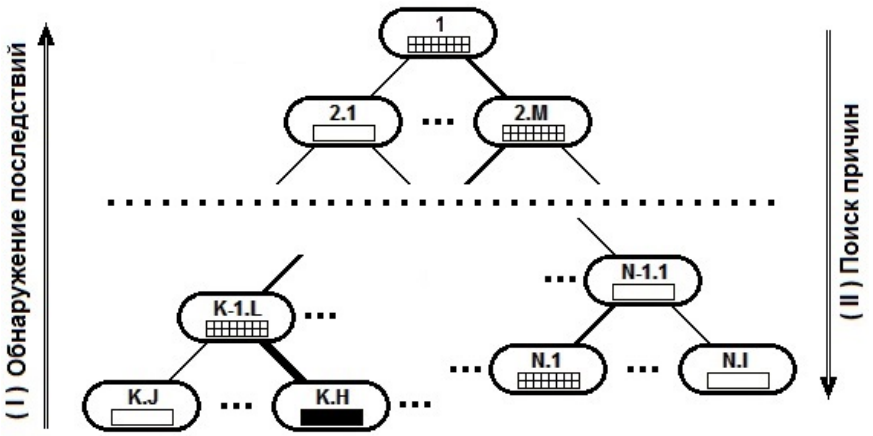


Рис. 1. Обобщенная каузальная мнемосхема для визуальной поддержки встречного логико-иерархического анализа

На рисунке степень затемнения прямоугольника в каждом элементе схемы (который будем именовать пиктограммой) соответствует степени “неблагополучия” или отступления от нормы соответствующего элемента. Толщина связующих линий – степень актуальности этой связи. Номер перед точкой - номер уровня в иерархии, а после точки – порядковый номер на данном уровне (для

человека-оператора вместо номеров отображаются наименования пиктограмм – процессов, узлов, явлений и т.д.). В реальности используется более широкий ассортимент средств, включая числовые данные, цветовые метки и т.п. При нисходящем анализе (II), т.е. при переходе от вышележащего уровня вниз, осуществляется “поиск причин”. В противном случае (I) производится “обнаружение последствий”. Анализируемая иерархия может быть функциональной (например, по выполняемым функциям с подчиненными связями) или построенной на основе причинно-следственных связей разной степени интегрированности, или композиционно-декомпозиционной с упорядочиванием типа “система – подсистема – блок – субблок…”.

При анализе “сверху” осуществляется поиск причины произошедшего системного события, а при анализе “снизу” производится попытка обнаружения последствий локальных нарушений. Использование одновременного двунаправленного иерархического построения анализа производится с целью обеспечить более успешную диагностику системы. Если произошла “встреча” анализа “сверху” и анализа “снизу” - физически (геометрически, логически) совпали результаты этих анализов, то получается однозначное решение, и оно достаточно обоснованное. Если “встречи” не произошло, необходим содержательный н неформальный перекрестный анализ, который может осуществить только человек. В общем случае представленная структура иерархических взаимодействий может быть неполной, или не совсем адекватно отображать реальные процессы, и есть некоторая надежда, что интеллект человека-оператора может нивелировать эти недостатки. Конкретная реализация может быть совершенно иной, причем, может быть и несколько визуализированных структур для разных типов описания системы [5]. Необходимо подчеркнуть важность именно идеи такого представления, которое направлено на создание условий для возможности оперативного оценивания ситуации человеком-оператором без необходимости рассматривать целое семейство визуализаций параметров, порознь представленных на экране АРМа оператора. При построении каузальных мнемосхем следует использовать экспертные технологии, поскольку пока не существует достаточно отработанных рекомендаций. Целесообразно также учитывать те принципы, которые положены в основу построения обычных мнемосхем, поскольку на каузальные мнемосхемы возлагаются весьма сходные задачи. Один из основных - принцип лаконичности, согласно которому мнемосхема должна быть простой, не должна содержать лишних, затемняющих элементов, а отображаемая информация должна быть четкой, конкретной и краткой, удобной для восприятия и дальнейшей переработки. Принцип обобщения и унификации предусматривает требование, согласно которому надо выделять и использовать наиболее существенные особенности управляемых объектов, т.е. на мнемосхеме не следует применять элементы, обозначающие несущественные конструктивные особенности системы. Согласно принципу акцента к элементам контроля и управления на мнемосхемах в первую очередь необходимо выделять размерами, формой или цветом элементы, наиболее существенные для оценки состояния, принятия решения и воздействия на управляемый объект. Принцип автономности предусматривает необходимость обособления друг от друга участков мнемосхемы, соответствующих автономно контролируемым и управляемым объектам и агрегатам. Эти обособленные участки должны быть четко отграничены от других и согласно принципу структурности должны иметь завершенную, легко запоминающуюся и отличающуюся от других структуру. Принцип использования привычных ассоциаций и стереотипов предполагает применение на мнемосхемах таких условных обозначений параметров, которые ассоциируют с общепринятыми буквенными обозначениями этих параметров. Требования, предъявляемые к мнемосхемам, должны предъявляться и к каузальным мнемосхемам. Каузальная мнемосхема должна содержать только те элементы, которые необходимы оператору для контроля и управления объектом. Отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, на мнемосхеме должны выделяться размерами, формой, цветом или другими способами. Форма и размеры панелей мнемосхемы должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов. Как и при проектировании обычных мнемосхем, необходимо исследовать несколько вариантов структуры каузальных мнемосхем, видов используемых в них пиктограмм, типов визуализации проявления нештатной опасности и т.д. Оптимальный вариант выбирается экспериментальным путем (путем моделирования на компьютере деятельности оператора с различными вариантами каузальной мнемосхемы). Критериями оценки, как и в других подобных исследованиях, служат время решения задач и число допущенных ошибок.

В работе затронуто несколько определяющих аспектов интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств для систем мониторинга и управления сложными динамическими объектами. Описана организация визуальной поддержки

логического анализа ситуации человеком-оператором на основе каузальных мнемосхем. Приведены основные принципы, которыми следует руководствоваться для создания такой поддержки. Отдельные предложенные решения были использованы при разработке конкретной системы [2].

Литература

1. Бигус Г.Ф., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н..А, Галкин Д.И. Диагностика технических устройств. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 615 с.

2. Гучук В.В. Интерфейсное обустройство принятия управленческих решений при испытании сложных научно-технических объектов / Proceeding of the 2nd International Conference "Information Technologies for Intelligent Decision Making Support". Ufa: Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia, 2014. Volume 1. С. 118-124.

3. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации ТУСУР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ie.tusur.ru/books/COI/index.htm.

4. Гучук В.В. Особенности визуализации для технологии упреждающей критериальной адаптации // Приволжский научный вестник. 2015. № 3-1. С. 36-38.

5. Гучук В.В. Эргономические аспекты визуализации информационных параметров в системах контроля и управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 2. С. 81-84.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ, ВАЖНЫХ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

Жарко Е.Ф.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
zharko@ipu.ru

Аннотация: Одной из важнейших задач в обеспечении качества программно-технических комплексов является процедура формирования требований к разрабатываемой или модифицируемой системе и последующая их верификация. Наиболее существенные ошибки совершаются на первых фазах жизненного цикла – это ошибки в определении требований, выборе архитектуры, высокоуровневом проектировании. Отказы критического по отношению к безопасности программного обеспечения могут нанести серьезный ущерб оборудованию или свойствам, а также привести к существенному ущербу окружающей среде или к человеческим жертвам. Увеличение требований к качеству программного обеспечения для систем важных для безопасности АЭС на всех этапах жизненного цикла связано с возрастанием сложности и функциональности программного обеспечения и привело к необходимости разработки подходов для обоснования как безопасности самих систем, так и входящего в их состав программного обеспечения. В статье рассматривается подход, основанный на построении "функций безопасности" выполнение которых в дальнейшем верифицируется.

Ключевые слова: программное обеспечение, функция безопасности, обеспечение качества, верификация, валидация, АЭС.

Введение

Развитие автоматизации объектов критической инфраструктуры с повышенным риском эксплуатации, в том числе и в атомной энергетике, характеризуется тенденцией разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), реализующих значительно более сложные алгоритмы управления и анализа данных с использованием сложных программно-технических комплексов (ПТК) [1-4]. Разработка ПТК, их верификация и валидация, а также последующая их эксплуатация, а стечением времени, и модернизация, должны соответствовать и удовлетворять принятому уровню безопасности.

С возрастанием требований к объектам критической инфраструктуры, сложность программного обеспечения и его важность в обеспечении функций всей системы резко возрастает. Программное обеспечение (ПО) играет все более важную роль в выявлении и контроля опасных факторов, а также в критических по отношению к безопасности функциях [5, 6]. Широкое распространение программно-технических систем для объектов с повышенным риском эксплуатации привело к необходимости разработки методов для обоснования безопасности таких систем. При обосновании безопасности в существующих подходах [7-9] использование моделей качества и безопасности играет центральную роль. Обеспечение качества программного обеспечения АСУ ТП на всех этапах его жизненного цикла базируется на качественном и количественном анализе, который, согласно нормативной документации, также должен проводиться на всех этапах. Качественный и

количественный анализ качества программного обеспечения должен учитывать две составляющие программно-технических комплексов: аппаратную и программную [10].

1 Качество программного обеспечения и особенности определения функции безопасности

Программное обеспечение вносит существенный вклад в функции, выполняемые системами важными для безопасности. Программное обеспечение может поддерживать дополнительные функции, введенные в соответствии с проектом разрабатываемой или уже функционирующей системы. Для систем важных для безопасности АЭС жизненный цикл безопасности программного обеспечения тесно связан с жизненным циклом безопасности самой системы. Спецификация требований к программному обеспечению является частью спецификации системы.

Разработанный метод комплексной верификации программного обеспечения [11] основан на учете требований стандартов по безопасности, интегрирует этапы верификации ПО и их атрибуты, включая задействованный персонал, задачи, методики, устранение недостатков и выпускаемую документацию. Эффективность метода комплексной верификации программного обеспечения была подтверждена в ходе работ по разработке информационных и управляющих систем, важных для безопасности АЭС. Определение и выбор функций безопасности имеет ряд особенностей и проблем. Во время анализа ПО на безопасность может оказаться, что принятая функция безопасности не является необходимой или достаточной, когда заданная функция безопасности слишком строга и доказательство безопасности невозможно, или напротив, слишком слаба, из-за чего уменьшается вероятность нахождения ошибок ПО. Одним из возможных способов повышения качества ПО в рамках применяемого комплексного подхода является доказательство корректности, которое относится к формальным методам [12, 13].

2 Общие требования к формализации функции безопасности

С точки зрения доказательства корректности все рассматриваемые понятия (свойства, функции и пр.) должны быть формализованы, так как в противном случае доказать что-либо с помощью любых формальных методов будет невозможно. Опыт верификации систем важных для безопасности АЭС выявил ряд ситуаций, когда задание функций безопасности в формализованном виде для некоторых свойств не представляется возможным.

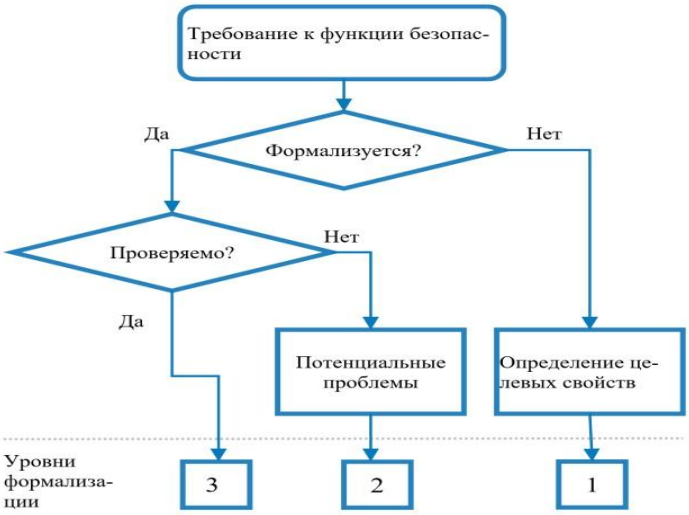


Рис. 1. Определение уровня формализации требования к безопасности

В этом случае решением является формализованное описание свойств рассматриваемого понятия в качестве задачи доказательства корректности и определения функции безопасности, а в дальнейшем делается экспертное заключение о том, является ли верифицированное свойство безопасным или нет. Для этого сначала посредством доказательства корректности определяются формализованные свойства системы, а в последующем, на их основании, делается вывод о безопасности системы. Используем три уровня формализации: 1. неформализованный, 2. формализованный, 3. проверяемый. Определение уровня формализации можно в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 1.

Первый уровень является вербальной формулировкой. Его недостатком является то, что необходимый впоследствии переход к формальному уровню неоднозначен, что может вести к

проблемам безопасности и сложностям при доказательстве. Поэтому переход ко второму уровню делать необходимо, и выполнять его как можно раньше.

Неформализованный уровень появляется изначальным при формулировке, удобен в общении, не требует существенных затрат и является абстрактным. Кроме того, он широко используется в нормативных документах. Однако в случае рассмотрения конкретной системы и доказательства ее корректности требуется формализация, которая устраняет неоднозначности, улучшает понимание и может быть помещена в некоторую формальную систему для последующего доказательства корректности. Доказательство корректности может работать со вторым уровнем формализации, но отсутствие возможности проверки или её ограниченность сигнализирует о потенциальных проблемах, так как возможно будет затруднительно использовать другие способы верификации, такие как тестирование, имитационные испытания и др. Сама же необходимость перехода на третий уровень согласуется с опытом создания надежных и безопасных систем.

Заключение

Для ПТК, используемых в системах важных для безопасности АЭС, существует задача обеспечения правильного (в отношении спецификации), безопасного и полного выполнения требований. Обоснование безопасности системы, безопасности и целостности определенного программного обеспечения основывается на проектировании и проектных документах, представленных во время разработки системы, результате анализа спецификаций, алгоритмов и реализации. Подход, к определению функций безопасности, представленный в статье, был применен и позволил повысить качество разрабатываемого/ модифицированного программного обеспечения:

- при верификации программного обеспечения систем верхнего уровня АСУ ТП АЭС, относящихся к системам важным для безопасности;
- для выявления ошибок проектирования программного обеспечения на ранних стадиях разработки с целью снижения рисков возникновения нештатных ситуаций в процессе эксплуатации объектов;
- при обосновании качества программного обеспечения систем важных для безопасности АЭС на всех этапах жизненного цикла,

Литература

1. Poletykin A., Jharko E., Mengazetdinov N., Promyslov V. Some Issues of Creating the New Generation of Upper Level Control Systems of NPP APCS // Proceedings of the 5th International Conference on Control, Instrumentation, and Automation (ICCIA 2017, Shiraz, Iran). 2017. – P. 78-83.

2. Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Бывайков М.Е., Промыслов В.Г., Жарко Е.Ф., Смирнов В.Б., Акафьев К.В. Автоматизация атомных электростанций – опыт ИПУ РАН // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 4219-4236.

3. Коган И.Р., Полетыкин А.Г., Промыслов В.Г., Жарко Е.Ф. Эволюция АСУТП АЭС для ВВЭР, проблемы, нерешенные вопросы, новые угрозы и возможные направления развития // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 4200-4211.

4. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Прангишвили И.В., Промыслов В.Г. Опыт проектирования и внедрения системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС // Автоматика и телемеханика. 2006. №. 5. – С. 65-79.

5. Restu Maeran, Joyce Kemunto Mayaka, Jae Cheon Jung. Software verification process and methodology for the development of FPGA-based engineered safety features system Author links open overlay panel // Nuclear Engineering and Design. Vol. 330. 2018. – P. 325-331.

6. Ye Cheng, Ni Chao, Zheng Tian, Zhang Zhicheng, Zhang Ronghua. Quality assurance for a nuclear power plant simulator by applying standards for safety-critical software // Progress in Nuclear Energy. Vol. 70. 2014. – P. 128-133.

7. Leveson N.G., Cha S.S., Shimeall T.J. Safety verification of ADA programs using software fault trees // IEEE Software. 1991. Vol. 8, No. 4. P. 48-59.

8. Bozzano M., Villafiorita A., Kerlund O., Bieber P., Bougnol C., Bde E., et. al. ESACS: An integrated methodology for design and safety analysis of complex systems // Proceedings of the European Safety and Reliability Conference (ESREI 2003). – P. 237-245.

9. Жарко Е.Ф. Проблемы управления качеством программного обеспечения // Труды II Международной конференции “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO ’03. Москва, 29 -31 января 2003 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2003. – С. 887-923.

10. Smith D., DeLong T., Johnson B.W. A Safety Assessment Methodology for Complex Safety-Critical Hardware/Software Systems // International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Controls, and Human-Machine Interface Technologies. Washington, DC, November, 2000.

11. Jharko E.Ph. Towards Quality Assurance under Developing Safety Important Systems Software for Nuclear Power Plants // Proceedings of 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). IEEE, 2018. – P.1-6.
12. Souri A., Navimipour N.J., Rahmani A.M. Formal verification approaches and standards in the cloud computing: A comprehensive and systematic review // Computer Standards & Interfaces. Vol. 58. 2018. – P. 1-22.
13. Linna Pang, Chen-Wei Wang, Mark Lawford, Alan Wassyng. Formal verification of function blocks ap-plied to IEC 61131-3 // Science of Computer Programming. Vol. 113, Part 2. 2015. – P. 149-190.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ТЯЖЁЛОГО КЛАССА, КАК ОБЪЕКТА ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

Иванов А.И., Лазутина Н.А.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vonavi@ipu.ru, nellar@ipu.ru

Аннотация: Предлагается в составе автономного необитаемого подводного аппарата тяжёлого класса применить систему мониторинга с всплывающими малыми автономными необитаемыми подводными аппаратами в качестве "чёрных ящиков". Рассматривается вариант реализации системы мониторинга с использованием рефлективной памяти.

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат тяжёлого класса, система мониторинга, рефлективная память.

Интенсивное совершенствование технологий проектирования и изготовления средств автоматизации в различных сферах деятельности человека стимулирует развитие сложных макросистем в машиностроении, энергетике, оборонной промышленности. Вместе с тем возрастает опасность возникновения техногенных катастроф, сопровождающихся человеческими жертвами.

Ярким примером макросистем повышенной опасности являются крупногабаритные автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА). Согласно устоявшимся представлениям и в соответствии с ГОСТ 356960-2016 "Аппараты необитаемые подводные" подобные устройства различаются по весу в диапазоне от легчайших аппаратов до аппаратов тяжёлого класса. Ниже будут рассматриваться именно АНПА тяжёлого класса.

В общем виде автономный необитаемый подводный аппарат – это программируемое устройство со встроенным аккумулятором, движительно-рулевым комплексом, выполняющий по заранее заложенному заданию (миссии) различные перемещения и операции. В зависимости от назначения и технических характеристик аппараты различаются по назначению.

АНПА тяжёлого класса могут иметь вес до 50-100 т, длину свыше 20 м, глубину погружения до 6 км. Стоимость такого аппарата может составлять десятки миллионов долларов. Аппараты оснащаются навигационным оборудованием, энергетическими и приводными системами. АНПА тяжёлого класса могут выполнять множество работ на большой глубине, в том числе:

- обслуживание добывающих компаний;
- инспекция подводных кабелей и нефтепроводов;
- гидрографические исследования.

Из-за специфики эксплуатации и тактических характеристик АНПА указанного класса имеют крайне низкий уровень внешнего контроля за их поведением. Несанкционированные действия подобных аппаратов могут нанести непоправимый ущерб.

Актуальными являются задачи снижения риска потери подобного аппарата, устранения опасности неконтролируемого поведения и принятия мер по его нейтрализации.

Для предотвращения неуправляемых действий и контроля за состоянием тяжёлых АНПА целесообразно в состав его структуры ввести систему мониторинга (СМ), т. е. создать «систему в системе». СМ должна непрерывно регистрировать показания сенсоров в реальном времени, фиксировать на накопителях информацию и в случае аварии с помощью всплывающих устройств сообщать силам спасения о своём местонахождении.

В качестве одного из возможных вариантов СМ следует рассматривать автономную систему мониторинга для АНПА тяжёлого класса, состоящую из следующих составных частей:

- периферийные процессоры, обслуживающие сенсоры основных узлов и комплексов аппарата;

- сетевые подсистемы, образованные модулями рефлективной памяти (РФП) и волоконно-оптическими линиями связи (ВОЛС);
- серверные кластеры, формирующие пакеты информации о состоянии АНПА;
- малые АНПА, рассчитанные на глубоководные операции и выполняющие функции всплывающих «чёрных ящиков».

В качестве периферийных процессоров могут использоваться бортовые процессоры, разработки ИПУ РАН, выполненные в виде набора мезонинов. Такой процессор может содержать собственно мезонин вычислителя, мезонин микропроцессора ввода-вывода и мезонин рефлективной памяти, размещаемые на базовом блоке-носителе мезонинов, имеющем собственные внешние и внутренние интерфейсы. Такие периферийные процессоры относятся к классу необслуживаемых систем, ориентируемых на сложные условия эксплуатации, и отличаются минимальным потреблением электроэнергии.

Мезонины вычислителей могут быть выбраны из ряда взаимозаменяемых устройств типа «система-на-модуле», или «система-на-кристалле».

Мезонины микропроцессоров ввода-вывода могут представлять собой цифровые устройства для обслуживания сенсоров систем и комплексов АНПА.

Мезонины рефлективной памяти - это элементы двухпортовой памяти, включаемые через соответствующие ключи в ВОЛС.

Серверы, реализованные на основе периферийных процессоров, в зависимости от выбранной топологии системы мониторинга и использованного сетевого программного обеспечения, могут выполнять функции мостов, коммутаторов, Host-компьютеров.

Периферийные процессоры представляют собой миниатюрные мультипроцессоры, построенные по принципу асимметричного дублирования. Этот принцип подразумевает резервирование только отдельных наиболее важных функций вычислителя с помощью микропроцессора ввода-вывода, которому передаются функции диагностики и управления при определённых условиях. Это позволяет существенно снизить энергопотребление, сократить габариты, улучшить экономические показатели. Асимметричное дублирование создаёт предпосылки к обеспечению информационной безопасности, технологической независимости и масштабированию данных.

Мезонин РФП, как компонент скоростной сети, через последовательные оптические ключи включается в кольцевую ВОЛС. Со стороны процессора РФП представляется как обычная память с произвольным доступом типа СОЗУ. Другой порт РФП работает в автоматическом режиме, преобразуя информацию СОЗУ к виду, удобному для скоростной пересылки по оптическому каналу. Обмен РФП с каналом определяется через FIFO. Сети на базе РФП позволяют обеспечить высокую скорость передачи, детерминизм транзакций, безарбитражную логику обмена, независимость от процессоров и операционных систем.

Топология СМ, в зависимости от поставленных целей перед проектировщиками аппарата тяжёлого класса, может быть представлена в виде кольца, звезды или различных композиций из нескольких дублированных колец.

Структура СМ может содержать два взаимодублирующих сервера с накопителями, два всплывающих малых АНПА, осуществляющих передачу силам спасения сохранённую информацию, и внутреннюю сеть на базе периферийных процессоров в виде мультикольцевой структуры. Система бесперебойного электропитания также выполняется в виде дублированной сети.

При обнаружении признаков, характеризующих состояние аппарата как аварийное, автоматически отстыковываются один или оба всплывающих малых АНПА с собранной информацией на энергонезависимых носителях. Подача команд на всплытие малых аппаратов может осуществляться через специальный гидроакустический канал для внешнего управления.

Всплывающие при аварии малые АНПА предназначены для передачи на поверхность текущей информации о состоянии аварийного аппарата:

- характеристики аварии;
- конкретные значения состояния основных узлов и блоков аппарата;
- относительные координаты;
- глубина погружения и внешняя гидрографическая обстановка;
- положение аппарата.

Малые АНПА, установленные на борту аппарата тяжёлого класса, должны удовлетворять всем эксплуатационным требованиям основного аппарата и, в первую очередь, выдерживать глубинное гидростатическое давление, ударные нагрузки, иметь высокую отказоустойчивость. Всплывающие АНПА должны иметь собственную навигационную систему и приёмопередающую радиоаппаратуру

для связи с силами спасения и для внутреннего использования. Глубоководный подводный аппарат может иметь металлический торпедоподобный корпус с размещёнными в нём герметичными сферическими контейнерами из радиопрозрачного материала, внутри которых находится электронная аппаратура, собственные источники электроэнергии и радиомодули, объединяющие электронные устройства в единую беспроводную информационно-управляющую сеть. Металлический корпус, помимо обеспечения механической прочности АНПА, создаёт экранировку от внешнего электромагнитного излучения и препятствует попаданию сигналов внутренних радиосетей во внешнюю среду. Зарядка встроенных в каждый сферический контейнер аккумуляторов может осуществляться бесконтактным методом.

Структурная схема АНПА, предназначенного для спасения результатов мониторинга аварийного состояния тяжёлого аппарата может быть представлена в следующем виде, см. рис. 1.

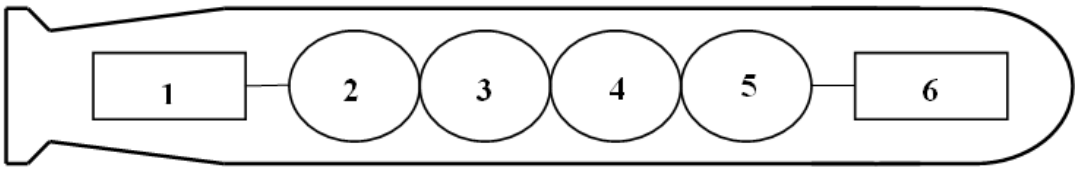


Рис. 1. Структурная схема глубоководного малого АНПА

На схеме представлены основные блоки АНПА.

1. Движительно-рулевой блок, осуществляющий маневрирование под управлением процессора миссии, обеспечивающий отведение аппарата от места аварии и обход препятствий.

2. Блок управления движением, размещённый в сферическом контейнере, принимающий по внешним гидроакустическим каналам команды управления всплытием и выполняющий регулировку скорости подъёма аппарата.

3. Блок процессора миссии и накопителей, размещённый в сферическом контейнере, обеспечивающий через внутренние радиоканалы координацию основных узлов согласно заложенным программам и картам, реализующий интерфейс с серверами сетевой подсистемы и формирующий пакеты информации об аварии, накапливаемой в энергонезависимой памяти.

4. Блок навигации и внешней радиосвязи, размещённый в сферическом контейнере, вычисляющий текущие относительные координаты аппарата и обеспечивающий двухсторонний радиообмен с силами спасения.

5. Блок управления внешней кибер-защитой, размещённый в сферическом контейнере, предназначенный для анализа поступающих внешних сигналов и выявления адресной информации.

6. Блок устранения внешних препятствий, содержащий манипуляторы и пиропатроны.

Идея включения в состав АНПА тяжёлого класса системы мониторинга с использованием современных архитектурных комплексов, как в составе основного аппарата, так и во вновь вводимых в состав СМ глубоководных малых АНПА позволит снизить или даже устранить вероятную опасность возникновения критической ситуации при аварии на основном аппарате.

Литература

1. Sahiha Wadoo, Pushkin Kachroo. Autonomous Underwater Vehicles: Modeling // Control Design and Simulation. CRC Press 19 Apr. 2016. – 165P.

2. Войтов Д.В. Автономные необитаемые подводные аппараты. – М.: МОРКНИГА, 2015. – С.23.

3. Иванов А.И. Программно-аппаратный комплекс для отказоустойчивого мониторинга подвижных морских объектов. // Подводные исследования и робототехника. 2007, № 2(4). – С.21-29.

4. www.gefanucembedded.com. Real Time Networking with Reflective Memory.

5. Atul Kumbhar. Research and Realization of Reflective Memory Network. // Proc. of Chinese Academy, Sept. 03.2011, – P.1-17.

6. R.U. 24.09.2018. ФГБУ ИПУ РАН. Патент на изобретение № 2667674. Модульный автономный необитаемый подводный аппарат.

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ SMS

Калашников А.О., Сакрутина Е.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
aokalash@ipu.ru, consoft@ipu.ru

Аннотация: В энергетике все большую роль играют методы обнаружения неисправностей и диагностики, а также системы информационной поддержки оператора с целью повышения безопасности и надежности эксплуатации. В статье рассмотрены важные функции системы "Safety management system" в части своевременной идентификации опасностей и уязвимостей. Внедрение таких систем, основанных на оценке рискового потенциала, в энергетике повысит безопасность функционирования объектов энергетической сферы.

Ключевые слова: идентификация опасностей и уязвимостей, риски, safety management system.

Введение

В условиях интенсивного развития и внедрения информационных технологий уделяется особое внимание вопросам обеспечения безопасности критически важных объектов, к которым относятся крупные гидротехнические сооружения, объекты энергетики (в том числе и атомной), вредные химические производства, транспортные узлы и т.п. [1-6]. Выведение таких объектов из штатных ситуаций может привести к тяжелым последствиям. Совокупность критически важных объектов входит в состав объектов критической информационной инфраструктуры. Для успешной реализации мероприятий защиты критической информационной инфраструктуры необходимо решение ряда задач, часть из которых связана с созданием системы мониторинга угроз безопасности. Главной целью создания системы мониторинга угроз безопасности является снижение до минимального уровня риска воздействия и минимизации возникающего ущерба. Одним из решений является создание информационно-аналитической системы "Safety management system" [7-12], которая осуществляет мониторинг безопасности на основе системных закономерностей.

Развитие информационно-аналитической системы "Safety management system" в энергетике, в том числе и атомной, осуществляется в направлении достижения высокого уровня качества и доходности и характеризуется ростом технической оснащенности и сложности процессов.

1 Свойства "Safety Management System" в энергетике

Повышение уровня безопасности всегда было одним из основных приоритетов для энергетических объектов. Тем не менее, в связи с развитием традиционной энергетики и наличием вероятности увеличения числа инцидентов разного рода в международном сообществе присутствует мнение, что традиционных реагирующих подходов снижения риска до приемлемого уровня может быть недостаточно. В последние годы, системные причины многих инцидентов в энергетике привели к существенному повышению интереса к процедурам идентификации и управления рисками, а также к разработке и развитию систем управления безопасностью в энергетике, которые имеют три основные характеристики:

- системность – меры по управлению безопасности будут осуществляться в соответствии с разработанной Программой безопасности и последовательно применяться;
- проактивность – подход, при котором основной акцент делается на профилактике путем выявления опасных факторов и принятия мер по уменьшению риска, прежде чем произойдет какое-либо опасное событие и окажет неблагоприятное влияние на состояние безопасности;
- четкость – меры по управлению безопасностью должны быть задокументированными, наглядными и осуществляться отдельно от других видов управленческой деятельности.

В работах, посвященных системам управления безопасностью [13-16], строятся прогнозы влияния различных факторов на безопасность на основе аппроксимации статистических данных и экспертных оценок, но при этом не проводится непосредственного математического моделирования организационных механизмов.

Функционирование системы управления безопасностью в энергетике должно представлять собой замкнутый цикл последовательно выполняемых операций: выявление фактора риска, оценка степени опасности выявленных факторов риска, выработка вариантов действий по локализации факторов риска, информирование органов управления и поддержка принятия решения, анализ эффективности принятых мер. На рис. 1 представлена схема оценки состояния безопасности на основе факторного анализа, где применятся методология PDCA (the Deming's Shewhart cycle) для постоянного

улучшения безопасности. The Deming's Shewhart cycle является важной составляющей успешного функционирования системы управления безопасностью.

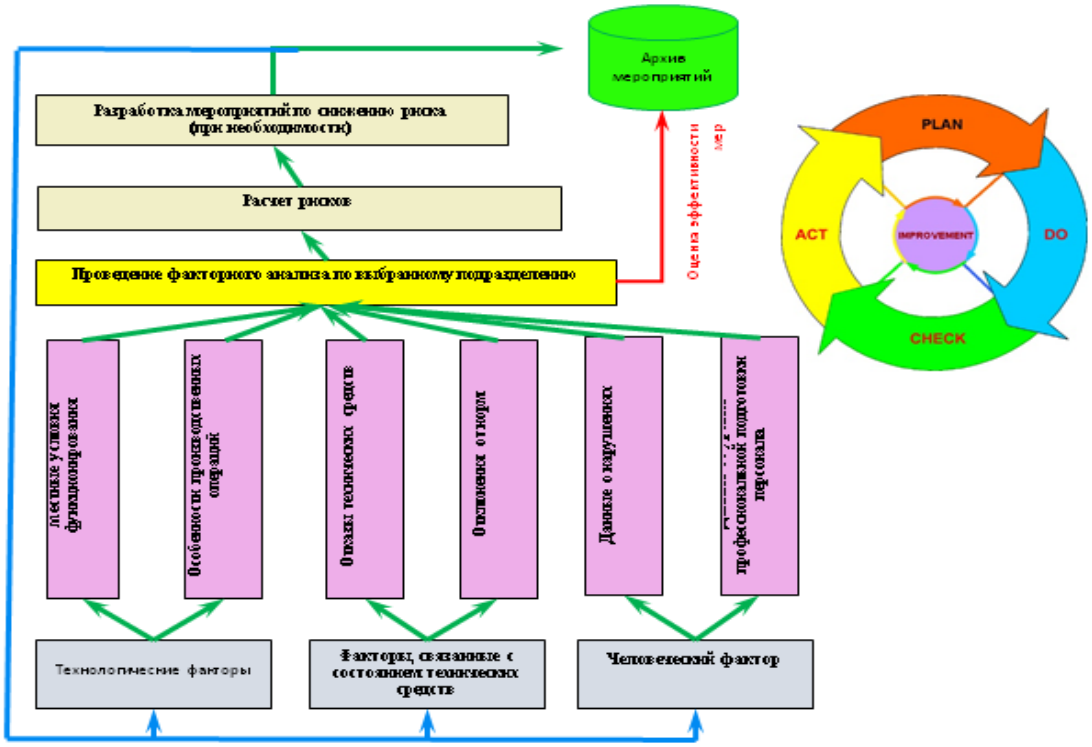


Рис. 1. Оценка состояния безопасности на основе факторного анализа

Общекорпоративный подход к безопасности предназначен для осуществления постоянного совершенствования системы безопасности и преследует следующие основные цели:

- оперативно и постоянно снижают остаточный риск системы (см. рис. 2, которая выдвигает на первый план 2 связанных типа событий - инцидентов и уязвимости - и совместную область, охватываемых политикой безопасности на основе концепции использования или дрейфа реализации);
- оценка фактической применимости и реальной эффективности политики безопасности, с целью ее постоянного совершенствования.

Целью и основным результатом анализа и оценки рисков является разработка корректирующих и/или предупреждающих мероприятий для поддержания на приемлемом уровне рисков потенциальных последствий воздействия факторов опасности.



Рис. 2. Соотношение остаточных рисков

Наиболее информативным анализом параметров работы объекта энергетики в области обеспечения безопасности является многомерный принцип обработки статистических данных с использованием экспертных заключений. Опасности в системе управления рисками документируются и контролируются. Объем и содержание функции идентификации опасности охватывает всю производственную деятельность, при этом сбор данных производится как по ретроактивным, так и по проактивным и прогностическим схемам.

Для определения эффекта применения процесса управления риском и правильности превентивных мероприятий должен проводиться постоянный мониторинг рисков.

Заключение

Внедрение информационно-аналитических систем “Safety management system” в энергетике, обеспечит своевременную идентификации опасностей и уязвимостей, а также оценку рисков (рискового потенциала) и, следовательно, упростит разработку управленческих решений для предотвращения возникновения событий, влияющих на безопасность. Системный подход к раннему обнаружению опасностей и уязвимостей является важной компонентой обеспечения безопасности энергетических объектов.

Литература

1. Wang F., Wang Juaqun, Wang Jin, Hu Y.Li, L., Wu Y. Risk monitor risk angel for risk-informed applications in nuclear power plants // Annals of Nuclear Energy. Vol. 91. 2016. – P. 142-147.

2. Hashemian H.M., Feltus M.A. On-Line Condition Monitoring Applications in Nuclear Power Plants // NPIC&HMIT. Albuquerque, NM, USA, 2006. – P. 568-577.

3. Jharko E. Towards the problem of creating information operator support systems for nuclear power plants // Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Control in Technical Systems (CTS). 2017. – P. 356-359.

4. Jharko E. Design of Intelligent Information Support Systems for Human-Operators of Complex Plants // IFAC Proceedings Volumes. Vol. 41, No. 2. 2008. – P. 2162-2167.

5. Gnonia M.G., Salehb J.H. Near-miss management systems and observability-in-depth: Handling safe-ty incidents and accident precursors in light of safety principles // Safety Science. Vol. 91. 2017. – P. 154-167.

6. Mononen P., Leviäkangas P. Transport safety agency's success indicators – How well does a performance management system perform? // Transport Policy. 2016. Vol. 45. P. 230-239.

7. Jharko E., Sakrutina E. Towards the Problem of Creating a Safety Management System in the Transportation Area // IFAC-PapersOnLine. 2017. Vol. 50, No. 1. P. 15610-15615.

8. Wahlström B. Systemic thinking in support of safety management in nuclear power plants // Safety Science. 2018. Vol. 109. P. 201-218.

9. Jharko E., Sakrutina E. On creating safety control systems for high operation risk plants // Proceedings of 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). 2016. P. 1-6.

10. Li Y., Guldenmund F.W. Safety management systems: A broad overview of the literature // Safety Science. 2018. Vol. 103. P. 94-123.

11. Labaka L., Hernantes J., Sarriegi J.M. Resilience framework for critical infrastructures: An empirical study in a nuclear plant // Reliability Engineering & System Safety. 2015. Vol. 141. P. 92-105.

12. Калашников А.О., Сакрутина Е.А. Модель оценки рискового потенциала объектов критической инфраструктуры атомных электростанций // Труды 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD '2018). М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 2. С. 457-461.

13. Liou J.H., Yen L., Tzeng G.H. Building an effective safety management system for airlines // Journal of Air Transport Management. 2008. Vol. 14, No. 1. P. 20-26.

14. Li C.-Y., Wang J.-H., Zhi Y.-R., Wang Z.-R., Gong J.-H. Simulation of the Chlorination Process Safety Management System Based on System Dynamics Approach // Procedia Engineering. 2018. Vol. 211. P. 332-342.

15. Hsu Y.-L. From reactive to proactive: using safety survey to assess effectiveness of airline SMS // Journal of Aeronautics, Astronautics and Aviation. Series A. 2008. Vol. 40, No. 1. P. 41-48.

16. Ding C.G., Lin H.-R., Wu Ch.-H., Jane T.-D. Using LGM analysis to identify hidden contributors to risk in the operation of a nuclear power plant // Safety Science. 2015. Vol. 75. P. 64-71.

17. A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK(R) Guide. 5th Ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2013.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЯМИ В ПРОЕКТАХ АЭС

Королев А.С.

МИРЭА - Российский технологический университет

Проспект Вернадского, дом 78, Москва, Российская Федерация

korolev@mirea.ru,

Кубарская А.А.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Каширское ш., дом 31, Москва, Российская Федерация

kubarskaya.alena@mail.ru

Аннотация: Приводится описание инструментария управления конфигурациями в проектах АЭС. Рассматриваются рекомендации документов МАГАТЭ и ISO по разработке и использованию инструментов управления конфигурациями и проводится анализ на предмет выполнения этих рекомендаций.

Ключевые слова: управление конфигурацией, инструменты управления конфигурацией, АЭС, PLM.

Введение

В процессе инжиниринга и строительства атомной электростанции участвует большое количество участников, каждый из которых вносит свой вклад в общую коллаборацию. В такой ситуации для обеспечения целостности проектов атомных электростанций (АЭС) используется подход управления конфигурацией. Управление конфигурацией является основополагающим процессом при строительстве АЭС, потому что он непосредственно пересекается с процессами управления безопасностью, качеством и изменениями. В течение процесса управления конфигурацией выполняются следующие задачи: идентификация элементов конфигурации, заморозка технических документов, учет статуса конфигурации, аудит конфигурации. Выполнение этих задач производится с использованием различных инструментов. Им и посвящена данная работа.

1 Стандарты по управлению конфигурацией в атомной отрасли

В связи с тем, что российские предприятия выходят на международный рынок, они обязаны выполнять международные стандарты в области управления конфигурацией. В статье [1] приводится описание особенностей управления конфигурации в атомной отрасли. В указанной статье приводятся ссылки на документы из серии технической документации МАГАТЭ:

- IAEA TECHDOC – 1335 Configuration Management in Nuclear Power Plants [2];
- IAEA TECHDOC – 1651 Information Technology for Nuclear Power Plant Configuration Management [3].

Именно эти документы являются основой для организации работ по управлению конфигурацией АЭС.

IAEA TECHDOC – 1335 посвящен описанию возможных моделей управления конфигурацией. В этом документе даны рекомендации по содержанию плана управления конфигурацией, примеры критериев идентификаций элементов конфигурации и общие требования к информационной системе управления конфигурацией.

IAEA TECHDOC – 1651 содержит основные функциональные требования и рекомендации по организации работ в области разработки программного обеспечения для управления конфигурацией. Этот технический документ также содержит прямые рекомендации по архитектуре ИТ-решения с описанием предлагаемых функциональных модулей и технической инфраструктуры.

Эти два документа описывают два типа инструментов управления конфигурацией, детальный обзор которых производится в следующем разделе.

2 Типы инструментов управления конфигурацией

На основе приведенного описания двух документов из серии технической документации МАГАТЭ можно сделать вывод, что инструменты управления делятся на два типа: организационные и информационные.

Организационными инструментами являются регламентирующие документы по управлению конфигурацией. Если по содержательной части регламентирующих документов дает рекомендации IAEA TECDOC 1335, то структурную часть этих документов задает ISO 10007 Guidelines for configuration management [4]. Основным регламентирующим документом является план управления конфигурацией АЭС. Для удобства в плане описывают принципы и правила управления конфигурацией, а конкретные действия и процессы выносят в процедуры. Процедуры составляются по этапам работ управления конфигурацией: идентификация элементов управления конфигурации,

заморозка базовой конфигурации; учет статуса конфигурации; аудит конфигурации. Довольно часто создаются ещё отдельные документы на каждый этап жизненного цикла АЭС, например, программа управления конфигурацией на этапе проектирования АЭС, программа управления конфигурацией на этапе производства и закупки оборудования.

Перечисленные документы регламентируют взаимоотношения в первую очередь между заказчиком и подрядчиком. В случае найма субподрядных организаций как со стороны заказчика, так и со стороны подрядчика, используются документы, согласованные между заказчиком и подрядчиком, либо субподрядчик разрабатывает документы на основе описанных выше. На рисунке 1 иллюстрируется иерархичность организационных инструментов.

Одной из составляющих управления конфигурацией является управление информацией об АЭС. Большое количество информации образуется в ходе реализации проекта, к которой относится техническая документация, список оборудования, спецификация материалов. Некоторая же информация дается в виде исходных данных, например, требования к АЭС и основы проектирования. Вследствие разнородности информации используется целый спектр информационных систем, таких как: система управления требованиями, системы автоматизированного проектирования и системы по ведению графиков проекта. Согласно IAEA TECDOC 1651 [3] архитектура информационной системы по управлению конфигурацией должна быть датацентричной. Для сохранения такого подхода используют системы класса управления жизненным циклом продукта, PLM (Product Lifecycle Management).

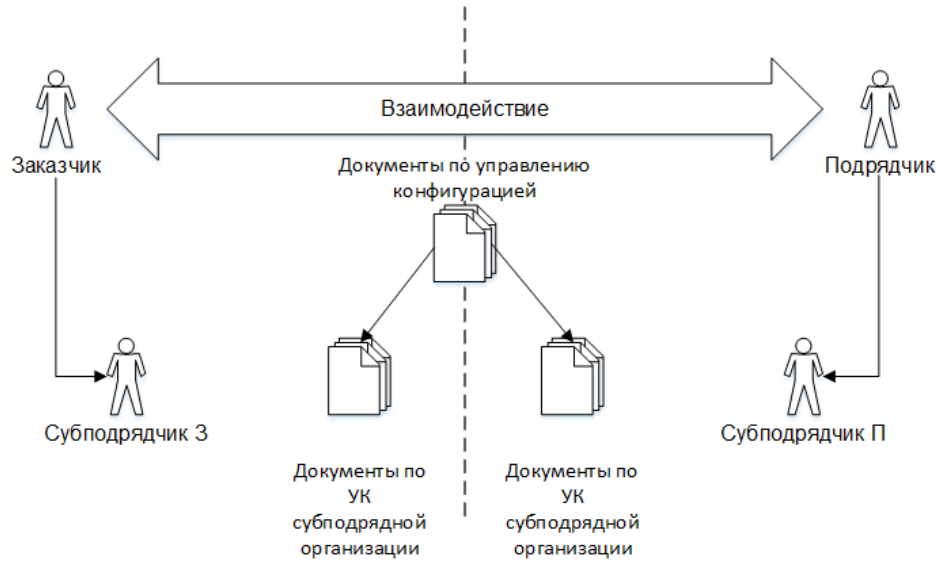


Рис. 1 Иерархия документов по управлению конфигурацией

Производится интеграция систем, отвечающих за управление информацией определенного типа с системой PLM. В систему PLM попадает информация из других систем и уже в ней производятся действия по анализу, созданию взаимосвязей между разнородной информацией, на основе показанной в статье [1] структурной декомпозиции АЭС, хранения истории изменения информации. Принципиальная схема функций систем и их интеграции показана на рисунке 2.

В случае создания новой версии информационного объекта (документа, требований, работ), она в первую очередь заводится в специализированном программном обеспечении в связи с функциональными возможностями инструмента (в PLM нет необходимых функций) или в соответствии с регламентом по внесению новых версий. На этапе закупки, производства и поставки оборудования используется система класса ERP (Enterprise Resource Planning). В эту систему попадает информация о спецификации оборудования, потом на основе функциональности ERP выполняются такие процессы как открытие и согласование счетов по проекту, назначение цены наряд-заказов, формирование заявки на материалы и детали.

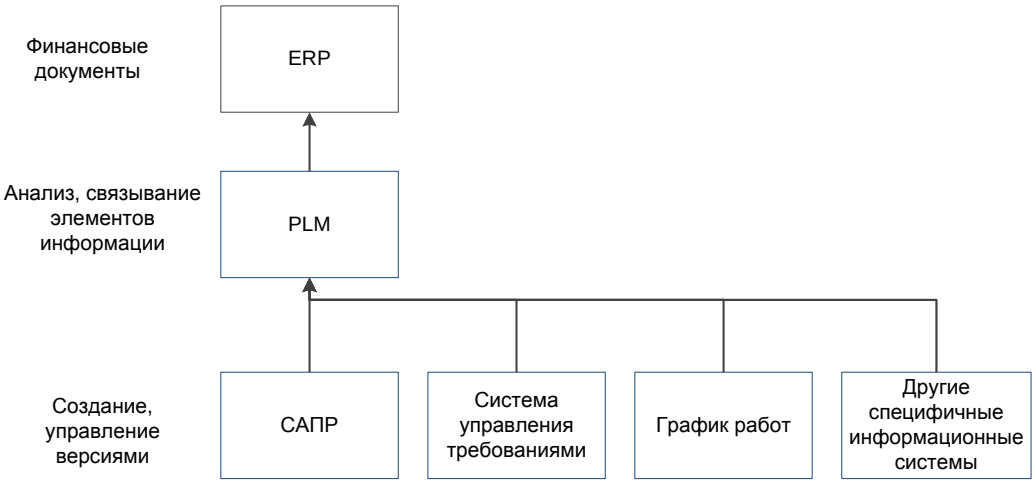


Рис 2. Принципиальная схема функций систем

Заключение

Активное участие российских предприятий атомной отрасли в международных проектах предполагает необходимость применения международных стандартов при реализации процессов жизненного цикла АЭС, в частности процесса управления конфигурацией. Согласно приведенным в работе стандартам инструменты управления конфигурацией делятся на два типа: организационные и информационные. К организационным инструментам относятся регламентирующие документы, место и роль которых при взаимодействии заказчиков и подрядчиков представлены в работе в виде соответствующей модели. К информационному инструментарию относятся современные цифровые системы поддержки жизненного цикла с функционалом разного уровня – от автоматизированного проектирования до управления требованиями. Вариант интеграции подобных систем представлен на соответствующей схеме.

Литература

1. *Королев А.С., Чеботарев Е.М., Кубарская А.А.* Особенности формирования планов управления конфигурациями в атомной отрасли// Материалы XIII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ – 2019) / Ин-т проблем упр. им. В.А.Трапезникова Рос. акад. наук. – М.: ИПУ РАН, 2019.
2.INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Configuration Management in Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-1335, Vienna, 2003.
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Information Technology for Nuclear Power Plant Configuration Management, IAEA TECDOC- 1651, Vienna, 2010.
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Quality management – Guidelines for configuration management, ISO 10007, 2017.

ВАЛИДАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПО СОЗДАНИЮ МОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Королев А.С.

МИРЭА - Российский технологический университет

Российская Федерация, Москва, проспект Вернадского, дом 78

korolev@mirea.ru,

Бурлаков А.И.

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ

Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, д. 31

burlakov_ai@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены особенности создания сложных технических систем, являющихся источниками потенциальной радиационной опасности. Относительно таких систем продемонстрирована актуальность применения принципов и подходов системной инженерии, в частности, валидации на ранних стадиях жизненного цикла. Предложены методы и инструменты валидации архитектурных решений, позволяющие минимизировать риски реализации проектов с соблюдением требований к разрабатываемой системе.

Ключевые слова: валидация, архитектура, системная инженерия, радиоактивные отходы.

Введение

В настоящее время на территории Российской Федерации накоплено более 500 млн. $м^3$ радиоактивных отходов (далее - РАО). Действующее законодательство в области использования атомной энергии и обращения с РАО обязывает собственников радиоактивных отходов, отнесенных к категории удаляемых, извлекать, перерабатывать, кондиционировать и захоранивать их [1].

Крупные предприятия, эксплуатирующие объекты использования атомной энергии, имеют на своих производственных площадках стационарные комплексы или установки по переработке РАО. Однако эти производства проектировались и введены в эксплуатацию значительно раньше вступления в силу Федерального закона № 190-ФЗ [1] и существующие технологические линии не обеспечивают полноценное соблюдение требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии. Небольшие предприятия и/или непрофильные организации, такие как научно-исследовательские институты, химические и металлургические производства, и собственники территорий, подвергшихся радиационному загрязнению, не располагают какими-либо производственными мощностями по обращению с РАО.

Перспективным направлением в развитии технологий переработки радиоактивных отходов является создание мобильных комплексов обращения с РАО. Основная функция комплексов – переработка РАО с целью снижения их объема и приведения к состоянию, пригодному для окончательной изоляции или вывоза с площадки объекта.

С учетом специфики жизненного цикла объектов по обращению с РАО и возникающих в связи с этим проблем на этапах приемки и эксплуатации, в последнее время все больше внимания уделяется применению принципов и подходов системной инженерии при создании таких объектов. В частности, актуальным стал процесс ранней валидации технических решений, позволяющий ликвидировать разрыв между этапом формирования задания на проектирование и этапом приемки уже воплощенного в натуре объекта, связанный с большими рисками в реализации проекта.

1 Специфика жизненного цикла объектов по обращению с РАО

Проектирование, изготовление (строительство), эксплуатация объектов использования атомной энергии, обращение с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения являются лицензируемыми видами деятельности. При выдаче лицензий на эксплуатацию Ростехнадзор фактически осуществляет валидацию проектных решений, зачастую уже воплощенных в натуре, на предмет соблюдения и исполнения требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии. При отрицательном результате экспертизы внесение изменений в проектную документацию или изменение конструкции существующего физического объекта влечет за собой дополнительные временные и финансовые затраты, а зачастую они неисполнимы.

Исторически сложившаяся система проектирования и проведения оценок и экспертиз на основании массива документов усложняет исключение неверных или неполноценных технических решений, заложенных на начальных этапах разработки, т.е. при составлении задания на проектирование или технического задания на разработку проектной документации.

2 Разработка требований

Разработка задания на проектирования (далее - ЗНП) является отправной точкой реализации системы. В парадигме документо-ориентированной системной инженерии ЗНП представляет собой документ, который должен содержать требования и ограничения, предъявляемые к системе. Как правило, этот документ разрабатывается группой экспертов организации заказчика системы, реже с привлечением специалистов предприятия разработчика проектной документации. Информация, отраженная в ЗНП, основывается на предыдущем опыте экспертов (требования к системе) и глубины знаний нормативных документов (ограничения системы). Требования выражаются на естественном языке, зависят от стилистики автора и могут неоднозначно трактоваться другими стейкхолдерами. При этом полнота требований и их формулировки являются определяющим фактором создания успешной системы. Эти проблемы характерны и для зарубежных проектов в атомной энергетике [2].

Проектирование с применением подхода моделе-ориентированной системной инженерии (MBSE) позволяет проводить анализ удовлетворения всех требований на протяжении всего жизненного цикла объекта [2, 3]. Системная инженерия на основе моделей обеспечивает представление системы различными описаниями, обращенными к определенным группам заинтересованных лиц. Это способствует обмену информацией с применением моделей, а не только документов, что исключает двойственность и несогласованность при принятии ключевых решений.

3 Валидация архитектурных решений

3.1 Обоснование метода анализа

Как было отмечено выше до начала основной стадии проектирования (разработки проектной документации) необходимо иметь концепцию разрабатываемой системы, согласованные ключевые технические решения и конкретные показатели функционирования. На ранних этапах жизненного цикла это возможно сделать с применением метода ATAM (Architecture tradeoff analysis method – Метод анализа архитектурных компромиссов). Данный метод широко применяется при проектировании программных средств и информационных систем [4] т.к. является модифицированной и улучшенной версией SAAM (Software architecture analysis method), однако, ограничений на его использование при разработке социотехнических систем не выявлено [5]. ATAM может применяться в рамках общего подхода MBSE в совокупности с языком SysML и поддержке открытого программного инструмента Polarsys Capella или схожего с ним. Актуальность применения метода в сочетании с подобным инструментарием обусловлена задачей формирования системной архитектуры при реализации проектов в атомной отрасли [3, 6].

Метод ATAM состоит из двух фаз. Реализация первой фазы дает представление заинтересованным сторонам о бизнес-драйверах, атрибутах качества и функциональных требованиях к системе, на основании которых принимаются первичные архитектурные подходы (решения). Вторая фаза требует непосредственного участия стейкхолдеров в проработке сценариев, которые должны быть реализованы в системе. В случае выявления неучтенных при проработке первой фазы сценариев происходит их сопоставление с предложенными архитектурными подходами (на этом шаге возможно возвращение к первой фазе работ). Результатом всего процесса является задокументированные архитектурные подходы и решения для реализации системы.

3.2 Применение метода к предметной области

В рамках действующего законодательства услуги по переработке РАО, их перевозке и временному хранению могут оказывать специализированные организации [1]. Именно они будут эксплуатировать и являться собственниками систем.

Для рассматриваемых систем бизнес-драйверами являются:

- мобильность (возможность передислокации и размещения на территории эксплуатирующих организаций) и автономность (работа без подключения к существующим инженерным коммуникациям);
- осуществление технологических операций, позволяющих изменить форму и снизить активность исходных РАО.

Заинтересованные стороны (укрупненно): собственник системы, надзорные органы и предприятия заказчики услуги по переработке РАО. Собственник системы преследует следующие бизнес-цели: минимизация транспортных издержек и затрат на хранение за счет уменьшения объема отходов, расширение спектра оказываемых услуг, сокращение временных интервалов проведения работ, улучшение радиационной безопасности.

Из анализа функциональных и нефункциональных требований к системе наиболее предпочтительным вариантом реализации выбрана модульная компоновка [7]. Каждый модуль выполняет ограниченный набор простых функций (операций). Модуль представляет собой комплект технологического оборудования, размещенного в стандартном транспортном контейнере (20-, 40-футовом) оснащенном обеспечивающими системами.

Это решение позволит обеспечить:

- повышение радиационной безопасности. При возникновении нештатной ситуации авария будет локализована в одном модуле, что не потребует дезактивации больших площадей рабочих зон и остановки работ на других технологических участках, и, кроме того, не приведет к дополнительному облучению персонала, задействованного на других работах (вне данного модуля);
- выбор оптимального набора модулей под конкретные задачи.

Для проведения полного комплекса операций по переработке РАО система должна состоять из: модуля приемки, сортировки и фрагментации исходных твердых отходов, модуля дезактивации, модуля сушки, модуля компактирования, модуля омоноличивания, модуля обеспечения энергетическими средами, лабораторного модуля, санитарно-бытового модуля и комплекта грузоподъемных механизмов и транспортных средств для перемещения упаковок с РАО между модулями.

Разработка дерева полезностей по методу ATAM для выявленных атрибутов качества позволила обосновать выбор технологического наполнения модулей. Проведена оценка рисков точек

чувствительности и компромиссов. Это позволило на предпроектной стадии исключить такие решения как жидкостная дезактивация РАО, использование газового или плазменного оборудования при фрагментации и омоноличивание на основе вторичных жидких радиоактивных отходов.

Заключение

Пошаговое применение метода ATAM при разработке концепции мобильных комплексов по переработке РАО позволило получить обоснованные архитектурные решения создаваемой системы. Основной сложностью использования ATAM применительно к конкретной предметной области является учет требований надзорных органов. На практике не представляется возможным получение обратной связи или вовлечение в процесс валидации архитектурных решений представителей данной категории стейкхолдеров. Учет их требований проводится на основании нормативных документов, количество которых более 50 единиц. Решение данной проблемы было найдено в применении MBSE и соответствующих инструментов для документирования требований и прослеживаемости их воплощения в различных представлениях моделей системы.

Литература

1. Федеральный закон от 11.07.2011 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".
2. *Lemazurier L., Chapurlat V., Grossetête A.* An MBSE Approach to Pass from Requirements to Functional Architecture // IFAC-PapersOnLine Volume 50, Issue 1, July 2017. – P.7260-7265.
3. *Anton S. Korolev, Alexander Yu. Shamanin.* The Use of Formal Methods of Verification and Validation in NPP Design // 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development".
4 *Zalewski A., Kijas S.* Beyond ATAM: Early architecture evaluation method for large-scale distributed systems // Journal of Systems and Software Volume 86, Issue 3, March 2013. – P.683-697.
5. *Sazonov B., Korolev A., Fomina T.,* Validation of architectural solutions during permanent design of sociotechnical systems // 2017 CEUR Workshop Proceedings Vol-1989. – P.78-83.
6. *Juan Navas,* Philippe Tannery, Stephane Bonnet, Jean-Luc Voirin. Bridging the Gap Between Model-Based Systems Engineering Methodologies and Their Effective Practice – A Case Study on Nuclear Power Plants Systems Engineering // INCOSE INSIGHT, March 2018 Volume 21/Issue 1. – P.17-20.
7. *Fiorineschia L., Frillicia F., Rissonea P., Cascinib G.* Product Architecture Definition: Evaluating the Potentiality of TRIZ Tools // 2015 Procedia Engineering Volume 131. – P.359-371.

ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

Промыслов В.Г., Жарко Е.Ф., Семенков К.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
v1925@mail.ru, zharko@ipu.ru, semenkovk@mail.ru

Аннотация: При изучении и моделировании вопросов кибербезопасности следует учитывать и физическую, и информационную модели объекта. Гибридная модель, объединяющая информационную и физическую модели, является средством противодействия киберугрозам, а также средством оценки рисков кибербезопасности на стадиях проектирования и эксплуатации объекта.

Ключевые слова: кибербезопасность, моделирование, гибридная модель, АСУТП.

Введение

Применение цифровых систем и распределенной сетевой среды для реализации различных функций системы управления атомных станций (АЭС) приводит к появлению нового типа слабых мест в системах защиты и безопасности — так называемых киберугроз. Киберугроза — это умышленное воздействие на систему, которое, будучи реализованным, может оказать нежелательное влияние на информацию или технические средства автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) [0]. Реализуемость киберугроз для АСУ ТП критически важных объектов, в частности, для АСУ ТП АЭС, подтверждена как реальными инцидентами кибербезопасности, так и экспериментами, проведенными организациями, ответственными за безопасность критических объектов [0].

Характерная особенность киберугроз АСУ ТП, отличающая их от чисто информационных угроз, состоит в следующем: в полной мере киберугрозы реализуются только посредством влияния на процессы, непосредственно происходящие на объекте управления, а цифровая среда является, в

основном, средой для переноса злонамеренного воздействия на АЭС. Эта особенность должна учитываться при проектировании архитектуры кибербезопасности и применении защитных мер.

Фундаментальные вопросы разработки архитектуры кибербезопасности критически важных объектов до настоящего времени полностью не решены, не разработаны сценарии применения математических и имитационных моделей для обеспечения кибербезопасности таких объектов не разработаны.

1 Формальные модели кибербезопасности

Процесс управления кибербезопасностью АСУ ТП АЭС в общем случае сводится к выполнению следующих шагов [0]: разработка политик и процедур безопасности; идентификация и классификация критических активов; назначение требований к мерам защиты и разграничениям прав доступа, которые определяют архитектуру кибербезопасности системы. Опыт обеспечения информационной безопасности показывает, что управление кибербезопасностью сложной системы невозможно осуществлять только на качественном, экспертном уровне и что необходимо иметь формальную (желательно, математическую) модель, описывающую политику безопасности системы.

Исследования по формальным моделям для чисто информационных систем тоже проводятся достаточно долго (например, в банковском и военном секторе), обзор некоторых известных моделей дан в работах [0,0]. В качестве таких моделей применяют либо вероятностные модели, либо детерминированные дискреционные модели.

Вероятностные модели безопасности, как правило, основаны на цепях Маркова, которые используются напрямую или реализуются посредством некоторого интерфейса; наиболее распространенным из интерфейсов стали сети Петри. Описывая состояние системы, модели подобного рода учитывают статистическую зависимость в использовании уязвимости в политике безопасности системы и характеристики уязвимостей отдельных компонентов системы. Для прикладных задач обычно используют однородную по времени модель, для которой применимы простые и эффективные численные методы решения. Представление поведения системы с помощью марковской модели требует определения всех возможных состояний системы и постоянных интенсивности перехода из одного состояния в другое. Результатами расчетов являются численные значения вероятности пребывания системы в данном наборе состояний. Марковские модели и их модификации широко используются при расчете надежности технических систем, имеется обширная методическая литература и опыт по их применению, но есть серьезные проблемы оценки информационной безопасности системы с их помощью, связанные прежде всего с трудностью получения достоверных входных данных для модели [0].

Следующий распространенный тип моделей безопасности — детерминированные дискреционные модели. Эти модели понятны большинству специалистов по информационной безопасности и содержатся в описании архитектуры безопасности системы и в программах и регламентах. Входные данные модели обычно включают в себя перечень активов в системе, а также наличие и тип связей между активами.

Формальные модели безопасности стали признанным средством повышения защищенности информационных систем, однако многие вопросы применения формальных моделей для АСУ ТП , а в особенности — АСУ ТП объектов критической инфраструктуры, требуют своего решения и исследований. В отличие от чисто информационных систем, на данный момент не существует общепризнанных формальных моделей безопасности АСУ ТП объектов критической инфраструктуры. Из-за особенностей политик кибербезопасности АСУ ТП прямое заимствование разработанных для банковской или военной сферы решений нецелесообразно [0], поэтому ведутся работы по адаптации информационных моделей для специфики систем управления технологическими объектами.

2 Построение гибридной модели кибербезопасности

Комплексная задача синтеза архитектуры кибербезопасности АСУ ТП АЭС состоит из решения нескольких частных задач, имеющих междисциплинарный характер, связанных как с информационной, так и физической структурой объекта. Исследования показывают, что для обеспечения кибербезопасности таких систем как АСУ ТП АЭС нельзя ограничиваться только информационными аспектами такой системы, необходимо учитывать аспекты технологической, физической безопасности, а в случае АЭС — и ядерной безопасности. Работы по согласованию этих аспектов для атомной энергетике представляются наиболее перспективными в свете достижения высокого уровня киберзащиты. Многие коллективы ведут теоретические и практические исследования в данном направлении, но проблема далека от решения.

Для описания соотношения различных аспектов кибербезопасности для АЭС: информационной, технологической, физической — используют модель, разработанную МАГАТЭ [0]. Модель задает общие рамки взаимодействия компонентов, но не определяет ни структуру данных, ни интерфейс между компонентами модели, что делает модель неполной и трудно применимой.

Мы полагаем, что исследовать АЭС как киберфизическую систему можно, работая с гибридной моделью системы. Под гибридной моделью мы понимаем совокупность информационной модели объекта, его физической модели и интерфейсов между этими моделями.

В качестве физической модели предлагаем использовать симулятор, гибкий моделирующий комплекс АЭС с водо-водяным реактором (ВВЭР) [0], настраиваемый на любой существующий или проектируемый энергоблок с реактором типа ВВЭР; в модели энергоблока заложена возможность оперативного изменения для учета изменений в технологическом оборудовании или системе управления энергоблоком. Данный комплекс построен по модульному принципу; технологическое оборудование сгруппировано, каждая группа описывается отдельным функциональным блоком. Функциональные модули существуют в нескольких вариантах исполнения, отличающихся полнотой и подробностью описания соответствующих объектов и процессов.

качестве информационной модели можно использовать интегрированную модель безопасности цифровой системы управления АЭС, задаваемую ее формальной моделью [0]. Данная модель представляет собой расширенную дискреционную модель передачи прав доступа, доработанную для АЭС, и использует теорию графов для описания отношений доступа между объектами и субъектами политики безопасности.

Для того, чтобы получить набор входных данных для информационной модели, необходимо идентифицировать цифровые активы и информационные связи между ними, т.е. фактически создать некий единый классификатор цифровых активов АЭС для модели. Однако само по себе наличие активов и связей между ними ничего не говорит о соответствии АСУ ТП принятой политике безопасности. Далее нужно принять некоторую политику безопасности, где задаются правила передачи информации системе, и в рамках принятой политики интегрировать классификатор активов в формальную модель и провести синтез архитектуры кибербезопасности, применив, например, метод, описанный в работе [0].

Ключевым элементом гибридной модели кибербезопасности является интерфейс обмена данными между информационной и физической моделью, который позволяет имитировать взаимодействие между АСУ ТП и физическим объектом и анализировать влияние кибернетических аномалий на АСУ ТП и физический объект. При этом должна быть решена задача интеграции измерений физических параметров АЭС в систему киберзащиты.

Для верификации системы должны быть разработаны шаблоны сценариев атаки на киберфизическую систему и типовые сценарии атаки.

Построенная на данных принципах гибридная модель киберфизической системы позволит верифицировать политики кибербезопасности и защитные меры, прогнозировать последствия кибератак различных типов и вырабывать способы противодействия киберугрозам.

Литература

1. *Полетыкин А.Г., Промыслов В.Г.* Формальная иерархическая модель безопасности верхнего уровня АСУ ТП АЭС // Ядерные измерительно-информационные технологии. 2012. Т. 4(44). С. 39-53.
2. *Van Dine A., Assante M., Stoutland P*. Outpacing Cyber Threats. Priorities for Cybersecurity at Nuclear Facilities // 2016.
3. https://media.nti.org/documents/NTI_CyberThreats__FINAL.pdf
4.International Electrotechnical Commission. IEC 62645 ed 1. Атомные электростанции. Системы контроля и управления. Требования к программам обеспечения безопасности для компьютерных систем //2014
5. *Abraham S., Nair S.* Cyber Security Analytics: A Stochastic Model for Security Quantification Using Absorbing Markov Chains // Journal of Communications. Vol. 9. 2014, №. 12. . – P.899-907.
6. *Bishop M*. Computer Security. Art and Science. – Boston: Addison-Wesley, 2003. – 1136p.
7. *Kharchenko V., Butenko V., Odarushchenko O., et al.* Markov's Modeling of NPP I&C Reliability and Safety: Optimization of Tool-and-Technique Selection // Proceedings of 2016 Second International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO). 2016, pp.328-336.
8. IAEA. IAEA NST 055 Handbook on the design of physical protection systems for nuclear material and nuclear facilities, (Draft). // August, 2017.
9. https://www-ns.iaea.org/downloads/security/security-series-drafts/tech-guidance/nst055.pdf
10. *Жарко Е.Ф.* Гибкий моделирующий комплекс для систем поддержки оператора АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 // Автоматика и телемеханика. 2006. Т. 5. С. 80-92.

11. *Промыслов В.Г., Семенков К.В., Шумов А.С.* Синтез архитектуры кибербезопасности для систем управления атомных станций // Проблемы управления. 2019. № 3. С. 61–71.

КОНЦЕПЦИЯ МОНИТОРИНГА ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС НА ОСНОВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Сакрутина Е.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
consoft@ipu.ru

Аннотация: Для значимых объектов критической информационной инфраструктуры, в том числе и для объектов атомной энергетики, все большую роль играют методы обнаружения аномалий, неисправностей и диагностики, а также системы информационной поддержки оператора с целью повышения безопасности и надежности эксплуатации. Одной из задач решаемой в рамках системы информационной поддержки является задача расчета технико-экономических показателей и ее связь с обеспечением режима нормальной эксплуатации АЭС. Технико-экономические показатели характеризуют экономичность, безотказность и долговечность энергооборудования в процессе его эксплуатации. Условия оптимальной работы АЭС определяются в процессе анализа ее технико-экономических показателей. Поэтому анализ показателей является одной их важнейших задач АСУ ТП АЭС. Информационная задача расчета технико-экономических показателей в реальном масштабе времени на основе интеллектуального анализа данных и моделей прогноза рискового потенциала критической инфраструктуры позволит предотвратить выход технологического процесса за допустимые эксплуатационные пределы.

Ключевые слова: критическая информационная инфраструктура, значимый объект критической информационной инфраструктуры, атомная электростанция, система верхнего блочного уровня; информационная задача; технико-экономические показатели.

Введение

На сегодняшний день в мире приоритетной целью является обеспечение информационной безопасности объектов критической информационной инфраструктуры. Под критической информационной инфраструктурой (КИИ) понимаются объекты критической информационной инфраструктуры, а также сети электросвязи, используемые для организации взаимодействия таких объектов.

Среди всех объектов КИИ можно выделить подмножество так называемых значимых объектов критической информационной инфраструктуры (ЗОКИИ). Значимыми объектами КИИ являются объекты КИИ, сбой в работе которых может отразится на здоровье, безопасности и благосостоянии граждан [1-4]. К ЗОКИИ относятся крупные гидротехнические сооружения, объекты атомной энергетики, вредные химические производства, нефтеперерабатывающие заводы, газопроводы, транспортные системы и т.п.

Процесс развития автоматизации сложных технологических объектов, нарушения работоспособности которых приводят к большим экономическим, экологическим потерям, угрозам здоровью или жизни людей, характеризуется тенденцией разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), реализующих значительно более сложные алгоритмы управления и анализа данных с использованием сложных программно-технических комплексов [5].

При разработке систем для энергетики, где срок эксплуатации основного оборудования исчисляется десятками лет нужно использовать такие решения в АСУ ТП, которые бы позволяли эксплуатировать, ремонтировать и модернизировать поставленное оборудование без остановки основного технологического процесса. Кроме этого требования, ключевыми требованиями являются обеспечение высокой надежности, живучести и безопасности [6].

Атомная энергетика все более заинтересована в использовании методов обнаружения и диагностики неисправностей для повышения безопасности и надежности атомных электростанций [7 - 9].

СВБУ АЭС, разработанная ИПУ РАН [5, 6], является одной из первых систем управления, в которой при проектировании закладывался глубокий уровень защиты от несанкционированного доступа. Поэтому архитектура системы и интегрированные средства защиты обеспечивают

устойчивость системы к кибератакам, возможность обнаружения нарушений в защите, до того, как они приведут к отказу в реализуемых системой функциях. СВБУ предназначена для контроля и управления энергоблоком в режимах нормальной эксплуатации и режимах с нарушением нормальной эксплуатации, включая проектные аварийные режимы работы энергоблока АЭС, но без нарушения пределов и условий безопасной эксплуатации. На основе анализа технико-экономических показателей разрабатываются рекомендации по улучшению управления энергоблоком.

Информационная задача “Расчет технико-экономических показателей” (“IT-TEI”) является расчетной программой и входит в состав прикладного программного обеспечения СВБУ АСУ ТП АЭС. В настоящее время информационная задача “IT-TEI” модернизируется на основе интеллектуального анализа данных [10, 11] и модели прогноза рискового потенциала критической инфраструктуры [12, 13] с целью предотвращения выхода технологического процесса на критические режимы. Задача “IT-TEI” функционирует в автоматическом режиме.

1 Объект управления

Разработанная система верхнего блочного уровня предназначена для управления энергоблоками АЭС с реакторами типа ВВЭ-1000, принципиальная тепловая схема которых приведена на рис. 1. Технологическая схема энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 имеет два контура. Первый контур – радиоактивный. Он включает в себя реактор типа ВВЭР-1000 и циркуляционные петли охлаждения. Второй контур – нерадиоактивный. Он включает в себя парогенераторы, паропроводы, паровые турбины, сепараторы-пароперегреватели, питательные насосы и трубопроводы, деаэраторы и регенеративные подогреватели. Парогенератор является общим оборудованием для первого и второго контуров. В нем тепловая энергия, выработанная в реакторе, от первого контура через теплообменные трубки передается второму контуру. Насыщенный пар, вырабатываемый в парогенераторе, по паропроводу поступает на турбину, которая приводит во вращение генератор, вырабатывающий электрический ток.

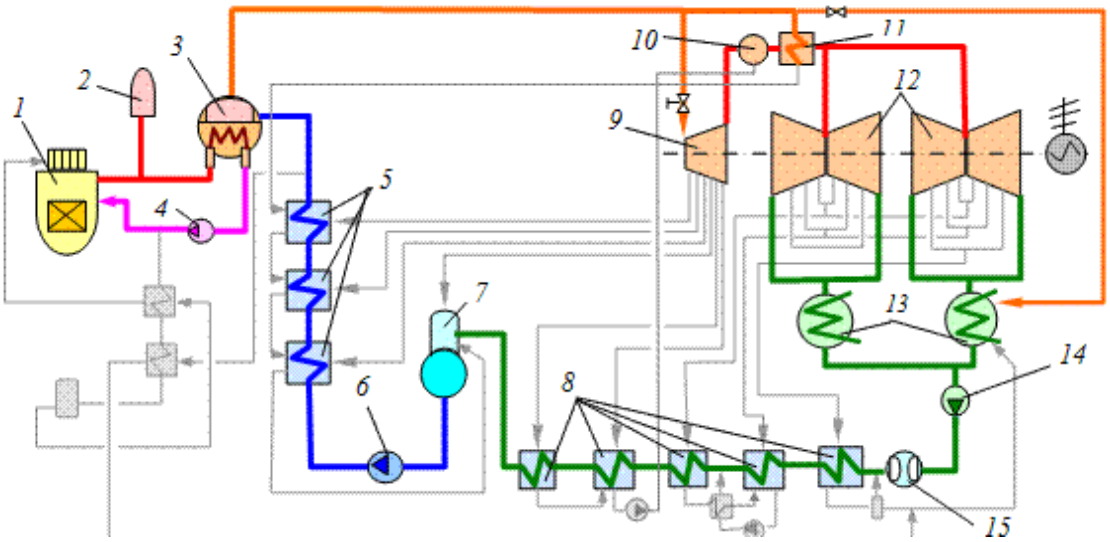


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000: 1- реактор; 2- компенсатор объема; 3- парогенератор; 4- ГЦН; 5- подогреватель высокого давления; 6- питательный насос; 7- деаэратор; 8 – подогреватели низкого давления; 9 – ступени высокого давления турбины; 10 – сепаратор; 11- пароперегреватель; 12 – ступени низкого давления турбины; 13 – конденсаторы; 14- конденсатный насос; 15 - эжекторы.

Рассмотрение имеющихся показателей эффективности, которые могут быть полезны для оценки экономической составляющей не является новой идеей. Целью расчета ТЭП является предоставление информации для наиболее экономичного использования оборудования, прогнозирования его обслуживания и ремонта, для составления отчетности об экономичности энергоблока, а также для прогнозирования рискового потенциала, с целью предотвращения выхода технологического процесса за допустимые эксплуатационные пределы.

2 Проблема неполной оценки параметров

Задача расчета технико-экономических показателей является сильно связной и отдельные входные сигналы (как дискретные, так и аналоговые) участвуют в вычислениях достаточно большого

количества выходных параметров и их недостоверность (например, расход химобессоленной воды в конденсаторы турбины может привести к исключению из расчета до 30% выходных параметров задачи, связанных с этим недостоверным сигналом).

Проблему неполной оценки параметров информационной задачи можно решить на основе интеллектуального анализа данных [10, 11] с использованием корреляционного анализа. В Таблице 1 приведена корреляционная матрица для части параметров информационной задачи "IT-TEI", где We – активная мощность турбогенератора (один из критических параметров технологического процесса), и Vi – входные параметры задачи. Для оценки We строится прогнозирующая модель на основе входных параметров, имеющих максимальные по абсолютной величине коэффициенты корреляции (V1, V2, V3). Прогнозирующая модель позволяет оперативно оценивать все параметры работы энергоблока в части информационной задачи "IT-TEI" даже в случае отсутствия или недостоверности части измерений, а также на основе прогноза оценивать рисковый потенциал выхода технологического процесса за эксплуатационные пределы.

Таблица 1. Корреляционная матрица

	We	**V1**	**V2**	**V3**	**V4**	**V5**	**V6**	**V7**	**V8**	**V9**	**V10**	**V11**
We	1,00											
V1	**-0,48**	1,00										
V2	**-0,52**	0,40	1,00									
V3	**-0,58**	0,68	0,74	1,00								
V4	-0,31	0,60	0,60	0,84	1,00							
V5	-0,41	0,73	0,20	0,32	0,24	1,00						
V6	-0,46	0,90	0,51	0,67	0,59	0,57	1,00					
V7	-0,43	0,85	0,29	0,51	0,50	0,89	0,74	1,00				
V8	-0,33	0,52	0,63	0,62	0,55	0,43	0,71	0,53	1,00			
V9	0,47	-0,61	-0,29	-0,52	-0,38	-0,54	-0,48	-0,56	-0,27	1,00		
V10	0,38	-0,20	-0,10	-0,22	-0,14	-0,02	-0,09	-0,02	0,16	0,05	1,00	
V11	0,45	-0,69	-0,44	-0,76	-0,64	-0,35	-0,55	-0,43	-0,31	0,52	0,35	1,00

Заключение

Дополнение информационной задачи "Расчет технико-экономических показателей" ("IT-TEI") интеллектуальным анализом данных [10, 11] и моделями прогноза рискового потенциала позволит не только обеспечивать административный персонал АЭС оперативной информацией о работе энергоблока, но и осуществлять организационно-технические мероприятия по экономии энергоресурсов на основе рекомендаций по улучшению управления энергоблоком.

Литература

1. Critical Infrastructure: Cyber-attacks on the backbone of today's economy. PandaSecurity, 2016.

2. PandaLabs Annual Report, PandaSecurity, 2017.

3. Tsegaye T., Flowerday S. Controls for Protecting Critical Information Infrastructure from Cyberattacks // Proceedings of the World Congress on Internet Security (WorldCIS-2014). 2014. – P.24-29.

4. Hamida Y., Amine B., Mostafa B. Toward resilience management in critical information infrastructure // Proceedings of the 5th World Congress on Information and Communication Technologies (WICT). 2015. – P.101-106.

5. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Прангишвили И.В. Опыт проектирования и внедрения системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС // Автоматика и телемеханика. Т. 5. 2006. – С.65-79.

6. Poletykin A., Jharko E., Mengazetdinov N., Promyslov V. Some Issues of Creating the New Generation of Upper Level Control Systems of NPP APCS // Proceedings of the 5th International Conference on Control, Instrumentation, and Automation (ICCIA 2017, Shiraz, Iran). 2017. – P.78-83.

7. Hashemian H.M. Maintenance of Process Instrumentation in Nuclear Power Plant – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006.

8. Hashemian H.M., Feltus M.A. On-Line Condition Monitoring Applications in Nuclear Power Plants // NPIC&HMIT, Albuquerque, NM, USA. 2006. – P.568-577.
9. Ma J., Jiang J. Applications of fault detection and diagnosis methods in nuclear power plants: A review // Progress in Nuclear Energy. Vol. 53. 2011, №3. – P.255-266.
10. Bakhtadze N., Sakrutina E. Applying the Multi-Scale Wavelet-Transform to the Identification of Non-linear Time-varying Plants // Applying the Multi-Scale Wavelet-Transform to the Identification of Non-linear Time-varying Plants. Vol. 49. 2016, №12. – P.1927-1932.
11. Sakrutina E. The process state identification methodology based on the associative search // Proceedings of the IEEE International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2017, Astana). 2017. – P.1-5.
12. Калашников А.О., Сакрутина Е.А. Модель оценки безопасности критической информационной инфраструктуры на основе метода вейвлет-анализа // Информация и безопасность. Т.20. 2017, №4. – С. 478-491.
13. Калашников А.О., Сакрутина Е.А. Модель оценки рискового потенциала объектов критической инфраструктуры атомных электростанций // Труды 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН. Т. 2. 2018. – С. 457-461.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В АРХИТЕКТУРЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ НА ГРАФАХ И ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ "TAKE-GRANT"

Шумов А.С.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
mau17@list.ru

Аннотация: Рассмотрен вопрос моделирования преобразований информационных связей в архитектуре кибербезопасности систем на графах, с использованием формальной модели "take-grant". Предложены алгоритмы моделирования для различных исходных условий задачи. Создан программный модуль, реализующий предложенные алгоритмы.

Ключевые слова: архитектура кибербезопасности, моделирование, графы, модель "take-grant".

Введение

При проектировании, испытании и эксплуатации систем, к которым предъявляются требования безопасности (в частности, к таким системам относятся объекты атомной энергетики), иногда возникает необходимость изменения архитектуры кибербезопасности системы. Эта необходимость может быть вызвана, например, появлением новых угроз безопасности, выявлением слабых мест в текущей архитектуре, и т. д. В системах с дискреционным разграничением доступа эти преобразования сводятся в основном либо к исключению некоторых путей распространения информации, либо к исключению некоторых элементов системы, при этом система должна сохранять функциональность и соответствие назначенным для нее требованиям безопасности.

В данной работе рассматривается случай с исключением путей распространения информации, таким образом, целью преобразования архитектуры кибербезопасности системы является здесь обеспечение невозможности распространения информации в системе от некоторого элемента A к некоторому элементу B.

1 Постановка задачи

Для достижения обозначенной цели требуется разорвать все пути, по которым информация может распространяться от элемента A к элементу B, что означает необходимость разорвать некоторые информационные связи между некоторыми элементами системы. При этом, в общем случае, следует стремиться к тому, чтобы вносимые в систему изменения были минимальными. Оценка степени вносимых изменений в данном случае должна учитывать как количество разрываемых связей, так и их важность. Таким образом, возникает задача - определить, какие именно связи должны быть разорваны для достижения поставленной цели, с учетом указанных выше требований.

При этом, задача может быть поставлена как без ограничений, так и с введением в нее дополнительных условий. Рассмотрим три основных варианта постановки задачи:

1) Без ограничений. Требуется найти такие информационные связи, при разрыве которых все пути от элемента A к элементу B окажутся разорванными. Дополнительных условий не накладывается.

2) В задачу из п.1 вводится дополнительное условие — некоторые (заданные) информационные связи в системе должны быть сохранены, их разрыв является недопустимым.

3) В задачу из п.1 вводится дополнительное условие — по итогам преобразований, некоторые (заданные) элементы C и D системы должны сохранить информационную связь между собой, т. е. должен существовать как минимум один путь, по которому информация от элемента C может поступать к элементу D.

Данную задачу можно решать, моделируя систему с помощью графов, например, используя модель «take-grant» («брать-давать»). В таком случае, система представляется в виде ориентированного взвешенного графа, где вершинами служат элементы системы, а ребрами — информационные связи между ними. Такой граф будем называть графом безопасности системы. Типы информационных связей в нем могут быть различными (для модели «take-grant» основные типы связей — r (read), w (write), t (take), g (grant)) [1], но в рамках данной задачи поиск решения для каждого типа связей должен производиться отдельно. Пример графа безопасности системы приведен на рис. 1, Ri - веса соответствующих связей.

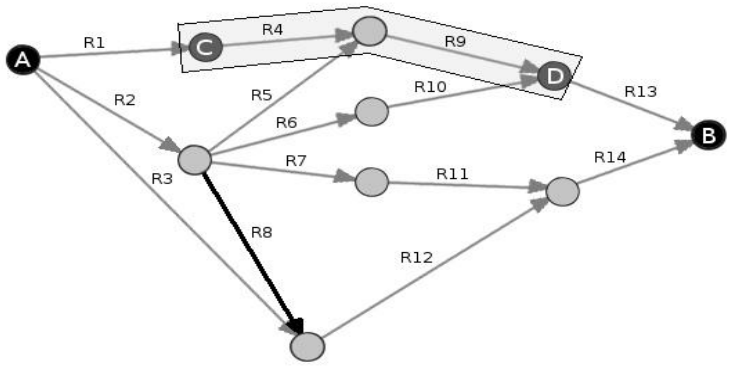


Рис. 1. Пример графа безопасности

В таком случае, задачу можно математически сформулировать следующим образом. Пусть граф безопасности G = (V, E) — взвешенный орграф, отражающий архитектуру системы, где V — множество его вершин, соответствующих элементам этой системы, а E — множество его ребер, представляющих информационные связи между элементами. Вес каждого ребра определяется важностью соответствующей информационной связи, направленность ребра соответствует направлению связи. В качестве критерия, отражающего степень изменений, вносимых в систему, примем суммарный вес изменяемых связей. Таким образом, для решения задачи требуется найти реберное разделяющее множество наименьшего веса между A, B ∈ V.

2 Методы решения задачи

Задача о наименьшем разрезе является одной из стандартных в теории графов и имеет несколько стандартных методов решения. Обычно при решении задач о реберном разрезе с заданными источником и стоком исходят из теоремы Форда-Фалкерсона, в соответствие с которой величина максимального потока в графе равна величине пропускной способности его минимального разреза. [2] В таком случае, за значения пропускных способностей связей принимаются значения их веса, а для решения задачи используются алгоритмы поиска максимального потока.

Основными методами решения таких задач являются метод Форда-Фалкерсона и его частные случаи, такие как алгоритм Эдмондса-Карпа (вычислительная сложность — $O(ve^2)$, где v — количество вершин в графе, e — количество ребер) и алгоритм Дийница (вычислительная сложность — $O(v^2e)$). [2] Еще один метод — алгоритм проталкивания предпотока и его частные случаи. Вычислительная сложность этого алгоритма без усовершенствований — $O(v^2e)$. [2]

3 Решение задачи

Предлагаются следующие алгоритмы решения задачи для каждого из трех ее вариантов, обозначенных выше.

3.1 Задача без ограничений

Этот случай является наиболее простым — здесь требуется применить на графе безопасности системы один из алгоритмов поиска минимального разреза, приняв в качестве источника вершину, соответствующую элементу системы A, а в качестве стока — вершину, соответствующую элементу

системы B (см. рис. 1). В результате работы алгоритма будет получен список ребер, составляющих минимальный разрез, и соответствующих тем информационным связям, которые требуется разорвать для достижения поставленной цели.

3.2 Задача с дополнительным условием, требующим сохранения определенных связей

В этом случае, прежде чем применять стандартные методы поиска минимального разреза, в граф безопасности нужно внести изменения — а именно, в качестве веса каждого из ребер, соответствующих каждой информационной связи, которую необходимо сохранить (в примере выделена жирным, см. рис. 1), ввести значения, бесконечно большие по сравнению со значениями веса остальных ребер графа безопасности. После данных преобразований, следует произвести действия, описанные в пункте 3.1. Следует отметить, что в данном случае задача может не иметь решения.

3.3 Задача с дополнительным условием, требующим сохранения связи между определенными элементами системы

Это наиболее сложный случай, также требующий предварительных преобразований графа безопасности. По условию задачи, нам нужно сохранить как минимум один путь между некоторыми заданными элементами — и, соответственно, между соответствующими им вершинами графа безопасности (в примере - вершины C и D, см. рис. 1). Для этого можно действовать по аналогии с предыдущим пунктом — присвоить бесконечно большие значения весам всех ребер, составляющих этот путь. Но если такой путь не один, возникает задача выбора того пути, который будет сохранен. Критерии выбора такого пути могут быть различными. В качестве одного из вариантов критерия предлагается наибольший средний вес ребра, являющегося элементом данного пути.

В данном случае задача также может не иметь решений. Необходимым условием для существования решений задачи в данном и предыдущем вариантах является следующее - после всех проведенных предварительных преобразований графа безопасности, в составе каждого пути, соединяющего вершины A и B, должны существовать связи с небесконечным значением веса.

3.4 Программная реализация

Для реализации описанных выше алгоритмов был создан программный модуль, написанный на языке Python, использующий библиотеку NetworkX. NetworkX — библиотека Python-a, предназначенная для работы с графами и сетями. В составе этой библиотеки существуют готовые функции для решения различных задач на графах — в том числе, задачи поиска наименьшего реберного разреза. В данном случае, была использована функция minimum_cut, основанная на теореме Форда-Фалкерсона. В рамках данной задачи, за величину пропускной способности каждой связи был принят ее вес. В качестве алгоритмов поиска максимального потока функция может использовать алгоритм проталкивания предпотока либо алгоритм Эдмондса-Карпа. Использование того или иного алгоритма определяется ключом, переданным функции. [3] В данном случае был применен алгоритм проталкивания предпотока, так как для большинства графов, которые могут исследоваться в рамках данной задачи, этот алгоритм имеет меньшую вычислительную сложность — v^2e против ve^2 [2], учитывая, что в графах, отображающих реальные системы со сложной архитектурой в большинстве случаев количество вершин v будет меньше количества связей e.

Исходные данные о графах безопасности хранятся в базе данных, в формате json. Реализованный программный модуль принимает в качестве входных данных идентификаторы, соответствующие в базе данных исследуемому графу и вершинам, относительно которых нужно найти разрез, осуществляет чтение информации о них из базы данных, рассчитывает минимальный разрез и выводит информацию о нем пользователю, а также сохраняет ее в отдельный файл. Работа модуля была успешно протестирована на различных графах безопасности, с различными наборами входных данных.

Литература

1. *Bishop, M.* Computer Security: Art and Science. — Boston: Addison Wesley. — 2003. — 1136 p.
2. *Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К.* Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Под ред. И. В. Красикова. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 1296 с. — Глава 26.
3. *Hagberg A., Schult D., Swart P.* NetworkX Reference, Release 1.11. Jul 05, 2017. — 552 p.

СЕКЦИЯ 12: ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ПРОИЗВОДСТВАМИ

ВЛИЯНИЕ САМОНАГРЕВА ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Анохин А.М.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
amanohin@mail.ru

Аннотация: Разработка систем автоматизации, их производство и эксплуатация сопряжены с потребностью в многочисленных измерениях различных физических величин. От быстроты и правильности проводимых измерений зависит качество и надежность функционирования создаваемых систем, сроки их разработки, а также затраты на изготовление и эксплуатацию. Измерение – это сложный вид восприятия и обработки исходной информации. Совершенствование методов обработки информации и метрологических показателей электронно - измерительной техники не в последнюю очередь связано с устранением многочисленных внешних воздействий на первичные преобразователи-датчики и в первую очередь – теплового.

Ключевые слова: самонагрев, сенсорезистор, тепловые потери, ошибки измерений.

Введение

Явление самонагрева (перегрева) первичного преобразователя рабочим измерительным током вызывает ухудшение качества метрологических характеристик датчика-измерителя в трех главных аспектах:

- дестабилизирует статическую характеристику преобразователя (СХП), т.е. – смещает СХП из одного (нормального) температурного режима в другой, соответствующий режиму перегрева;
- увеличивает инерционность процесса преобразования, т.е.– за счет перегрева увеличивает постоянную времени выхода теплового режима системы преобразователь - среда на другой стационарный уровень;
- снижает метрологическую надежность СИ, т.е. – ускоряет деградационные процессы теплового старения и интенсифицирует поток отказов, уменьшая время наработки на отказ.

Сенсорезистивный преобразователь любого вида является токовым прибором, выделяющим определенную мощность самонагрева, и вследствие этого как всякий токовый прибор подвержен в своей работе дестабилизирующему влиянию температуры перегрева. Соответственно этому влиянию появляются трудноустранимые инструментальные и методические составляющие систематической погрешности измерения.

Наиболее востребованы в народном хозяйстве и выпускаются промышленностью в наибольших масштабах датчики-измерители, построенные на основе сенсорезистивного эффекта. Видовое многообразие полупроводниковых сенсорезисторов образует многочисленный ряд, в который входят: терморезисторы, фоторезисторы, тензорезисторы, магниторезисторы, тактильные сенсорезисторы, гигристоры (чувствительные к влажности), сенсорезисторы избирательные к газовому составу и сенсорезисторы других видов. В свою очередь каждый вид может быть представлен еще более многочисленным типовым рядом, отличительные особенности элементов которого обусловлены конкретикой их целевого назначения. В видовом ряду электронных измерений температурные измерения следует признать одними из самых востребованных и вместе с тем методологически сложно реализуемых. Такая востребованность обусловлена фактором доминирования теплового влияния на все процессы, происходящие как в природной, так и в технологической среде.

Погрешности измерений, вносимые самонагревом

Самонагрев появляется в датчиках, первичные преобразователи которых нагреваются от сигнала возбуждения настолько, что это начинает влиять на его точностные характеристики. Например, прохождение измерительного тока через термисторный преобразователь приводит к выделению тепловой мощности внутри структуры преобразователя. При этом степень саморазогрева преобразователя зависит от его конструкционных особенностей и от условий окружающей среды: либо это сухой воздух, либо жидкость и т.п.

Самонагрев преобразователя приводит к появлению ошибок при измерении температуры, поскольку термистор начинает работать как источник дополнительной тепловой энергии. Самый сильный разогрев термистора наблюдается в среде стоячего воздуха. Для термисторов производители часто указывают погрешность самонагрева при работе в воздухе, стоячей жидкости и других средах. Увеличение температуры термистора относительно температуры окружающей среды можно найти при помощи приближенной формулы [2].

$$\Delta T_0 = \frac{V^2}{(\xi \upsilon c + \alpha)R} = \frac{I^2 R}{mc + \alpha}$$

где ξ - плотность массы термистора, ν - объем, c - удельная теплоемкость, m - масса термистора, a - коэффициент теплопроводности (описывающий взаимосвязь с внешней средой), R - электрическое сопротивление, V - эффективное напряжение на термисторе.

Это выражение часто используется для оценки погрешности от самонагрева. Из выражения видно, что для увеличения коэффициента a необходимо обеспечивать плотный контакт термистора с объектом измерения при одновременном увеличении площади контакта, для чего можно применять теплопроводные смазочные и адгезионные вещества. С целью уменьшения погрешности самонагрева предпочтительнее использовать высокоомные термисторы с низким рабочим напряжением.

Например, погрешность измерения температуры поликремниевым терморезистором с типичными параметрами в режиме постоянного рабочего тока будет иметь значение не менее 3% от измеряемой величины.

Самонагрев и тепловая динамика терморезистора.

В стационарных условиях датчик полностью описывается своей передаточной функцией, диапазоном измеряемых значений, калибровочными коэффициентами и т.д. однако на практике выходной сигнал датчика не всегда достаточно точно отслеживает изменение внешнего сигнала. Причины этого заключаются как в самом датчике, так и в его соединении с источником внешних воздействий, не позволяющем сигналам распространяться с бесконечно большой скоростью. Другими словами, можно сказать, что любой датчик обладает параметрами, зависящими от времени, называемыми динамическими характеристиками. Если датчик имеет ограниченное быстродействие, он может регистрировать значения внешних воздействий, отличающиеся от реальных. Это означает, что датчик работает с динамической погрешностью. Отличие между статическими и динамическими погрешностями заключается в том, что последние всегда зависят от времени. Если датчик входит в состав измерительного комплекса, обладающего определенными динамическими характеристиками, внесение дополнительных динамических погрешностей может привести, в лучшем случае, к задержке отображения реального значения внешнего воздействия, а, в худшем случае, - к возникновению колебаний.

Время самонагрева - это время между подачей на датчик электрического напряжения или сигнала возбуждения и моментом, когда датчик начинает работать, обеспечивая требуемую точность измерений. Многие датчики обладают несущественным временем разогрева. Однако некоторые детекторы, особенно работающие в устройствах с контролируемой температурой (термостатах), для своего разогрева требуют секунды, а то и минуты.

В теории автоматического управления принято описывать взаимосвязь между входами и выходами устройства в виде линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Очевидно, что при решении таких уравнений можно определить динамические характеристики устройства. В зависимости от конструкций датчиков, уравнения, описывающие их, могут иметь разный порядок.

Датчики нулевого порядка, имеющие линейную передаточную функцию, относятся к устройствам мгновенного действия. Иными словами, у таких датчиков нет необходимости определять динамические характеристики

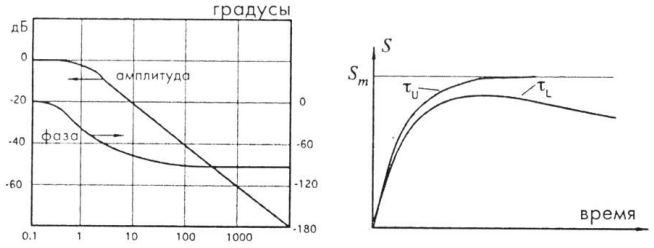
Дифференциальные уравнения первого порядка описывают поведение датчиков, в состав которых входит один энергонакопительный элемент. Такие уравнения имеют вид:

$$b_1 \frac{dS(t)}{dt} + b_0 S(t) = \mathrm{s(t)}$$

Типичный пример датчика первого порядка - датчик температуры, в котором роль энергонакопительного элемента играет теплоемкость. для описания датчиков первого порядка существует несколько способов. Но производители датчиков для этого чаще всего используют

частотные характеристики, показывающие насколько быстро датчик может среагировать на изменение внешнего воздействия. Для отображения относительного уменьшения выходного сигнала при увеличении частоты применяется амплитудночастотная характеристика, показанная на рис. 1.А. Для описания динамических характеристик датчиков часто используется граничная частота, соответствующая снижению выходного сигнала на 3 дБ, показывающая на какой частоте происходит 30% уменьшение выходного напряжения или тока.

Эта частота, часто называемая верхней частотой среза, считается предельной частотой работы датчика.



А Б

Рис.1. Частотные характеристики: А – частотная характеристика датчика первого порядка, Б – частотная характеристика датчика с ограничениями по верхней частоте среза, где τ_U *и* τ_L *- соответствующие постоянные времени*

Частотные характеристики напрямую связаны с быстродействием датчика, выражаемого в единицах внешнего воздействия на единицу времени. Какие характеристики: АЧХ или быстродействие, используются для описания датчика, зависит от его типа, области применения и предпочтений разработчика.

Фазовый сдвиг на определенной частоте показывает насколько выходной сигнал отстает от внешнего воздействия (рис. 1.А). Сдвиг измеряется либо в градусах, либо в радианах и обычно указывается для датчиков, работающих с периодическими сигналами. Если датчик входит в состав измерительной системы с обратными связями, всегда необходимо знать его фазовые характеристики.

Заключение

Негативные последствия самонагрева таковы:

- тепловая инерционность, то есть потребность в дополнительном времени выхода на установившийся тепловой режим работы преобразователя, соответствующий заданному уровню мощности измерительного сигнала;
- температурный «смаз» характеристики преобразования, то есть неуправляемый переход рабочей точки с одной характеристики на другую в температурном семействе характеристик при изменении уровня (мощности) измерительного сигнала;
- повышение порога чувствительности и общей погрешности измерения вследствие увеличения тепловых и токовых шумов преобразователя;
- влияние повышенной (избыточной) температуры первичного преобразователя на температуру измеряемой среды или объекта в точке измерения, искажающее объективность показаний;
- ускорение процесса старения структуры первичного преобразователя, интенсификация отказов в его работе и общее снижение достоверности результатов измерений.

Литература

1. *Шашков А.Г.* Терморезисторы и их применение. – М.: Энергия, 1997. – 320 с.
2. *Фрайден Дж.* Современные датчики / справочник. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
3. Интеллектуальные сенсорные системы / под ред. Дж. К.М. Мейджера. – М.: Техносфера, 2011. – 461 с.
4. *Кравченко А.М., Анохин А.М.* Автоматизированные медико-биологические комплексы температурной экспресс-диагностики // Медицинская техника. 2010. № 2. С. 21-27.

БЕЗОПАСНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ЗАПРОСОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИНТАКСИСА КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СООБЩЕНИЙ (CMS)

Асратян Р.Э.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
rea@ipu.ru

Рассмотрены методы реализации сетевой Службы защищенных сообщений, предназначенной для безопасной обработки информационных запросов в распределенных информационных системах. Отличительными особенностями службы являются тесная интеграция функций информационной защиты данных с функциями информационного взаимодействия в сети. Описаны особенности архитектурного построения службы на основе средств поддержки Синтаксиса защищенных сообщений (CMS) в Windows.

Ключевые слова: распределенные системы, Web-сервисы, Интернет-технологии, информационный обмен, защита данных, информационная безопасность.

Введение

Появление сетевой архитектуры .Net и технологии Web-сервисов [1]) не устранило всех трудностей разработчиков распределенных систем с обеспечением защиты данных в сети. Эти трудности чаще всего бывают связаны с отсутствием в архитектуре .NET встроенных средств защиты и аутентификации сетевых сообщений и более всего проявляются в разработках систем, предназначенных для работы в сложных, мульти-серверных и мульти-сетевых средах в условиях высоких требований к информационной безопасности [2,3].

В работе [4] описана новая сетевая служба PMS (Protected Message Service), разработанная с целью преодоления вышеуказанного недостатка. Суть подхода заключается в тесной интеграции функций сетевого информационного обмена с функциями защиты и аутентификации данных. Внешне эта интеграция проявляется в том, что отмеченные функции входят в набор методов главного программного класса службы – класса «Защищенное сообщение» (PmsMessage), отображающего электронный документ (информационный запрос или ответ), снабженный одной или несколькими удостоверяющими электронными цифровыми подписями (ЭЦП). В отличие, например, от технологии Web-сервисов, описываемая служба опирается не на модель вызова методов удаленных объектов, а на модель обмена сообщениями. В данном случае это означает, что все сервисные обрабатывающие функции (методы) имеют одинаковую, жесткую спецификацию: они получают объект класса «Защищенное сообщение» в качестве параметра и возвращают объект того же класса. Эти обрабатывающие функции группируются в одну или несколько динамических библиотек, которые подключаются к серверу PMS в момент его запуска (каждая библиотека может рассматриваться как отдаленный аналог Web-сервиса в .NET), и становятся доступными для клиентских компонент.

Реализация PMS на основе криптосистемы «КриптоПро» версии 3.6 и проведенные лабораторные эксперименты показали достаточно высокое быстродействие новой службы, не уступающее, а в отдельных случаях превосходящее быстродействие Web-сервисов в одинаковых условиях. Однако, при данном подходе возникает жесткая «привязанность» PMS к определенной криптосистеме, что может создать неудобства для разработчиков распределенных систем.

В данной работе рассматривается новый подход к архитектурному построению PMS, основанный на применении стандарта Cryptographic Message Syntax (CMS) и его программной поддержки в среде Windows в качестве базисного средства реализации. Главное преимущество этого подхода заключается в том, что он позволяет PMS «унаследовать» способность гибкой настройки на использование любой криптосистемы, поддерживающей стандарт CMS, и, тем самым, устранить ту жесткую привязку к определенной криптосистеме, о которой говорилось выше.

1 Методы реализации PMS

На рис. 1 проиллюстрированы два архитектурных подхода к реализации PMS:

- на основе прямого подключения определенной криптосистемы к программным модулям PMS без использования CMS (архитектура «PMS-Криптосистема»),
- на основе CMS (архитектура «PMS-CMS-Криптосистема») с возможностью использования различных криптосистем.

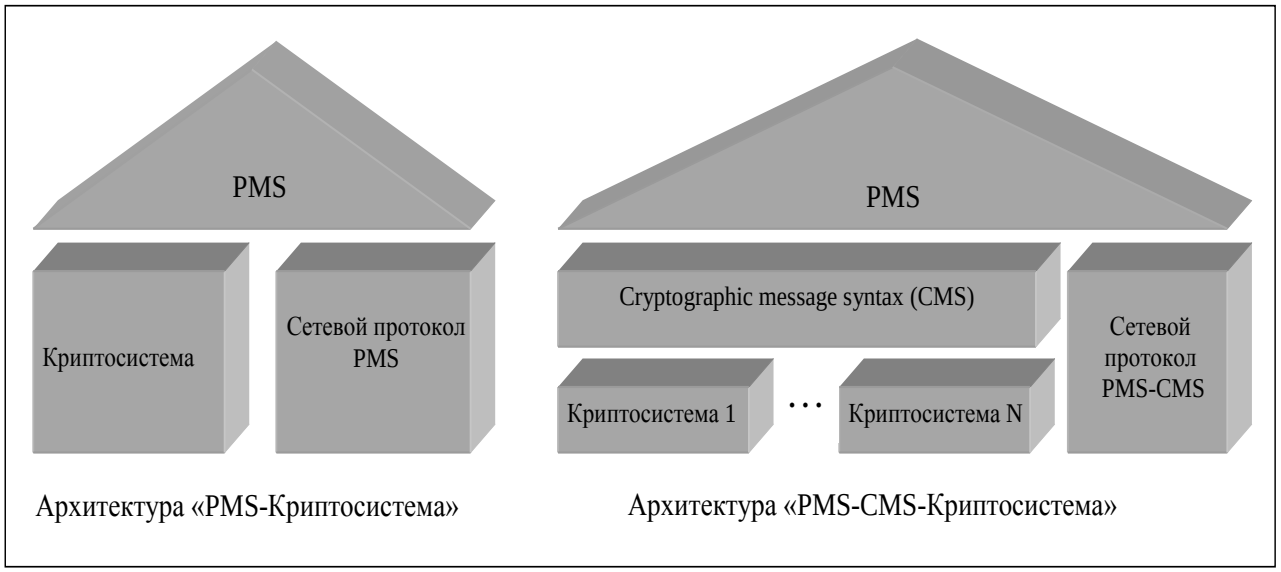


Рис. 1. Архитектурные решения для реализации PMS

Первый подход основан на прямом вызове функций определенной криптосистемы из кода программных модулей PMS для выполнения операций формирования ЭЦП, шифрования и т.п. Очевидно, что этот подход обеспечивает наименьше «накладные расходы», но реализация PMS оказывается жестко привязана к выбранной криптосистеме.

Второй подход основано на использовании средств поддержки CMS в качестве промежуточной прослойки между программными модулями PMS и используемой криптосистемой. Главное преимущество - возможность гибкой настройки на применение любой криптосистемы, поддерживающей стандарт CMS без изменения кода программных модулей службы, которые используют универсальный программный интерфейс CMS для выполнения крипто-функций.

Как видно из рис. 1, важной составной частью каждого из двух архитектурный решений является используемый сетевой протокол. Независимо от выбранного решения, этот протокол организуется по следующим общим принципам.

- PMS в полной мере использует двоичную природу TCP/IP [5]. Взаимодействие между клиентом и сервером PMS осуществляется по специальному, достаточно простому протоколу, ориентированному на передачу двоичных сетевых сообщений (PMS-сообщений) в обоих направлениях (никакие преобразования двоичных данных в текстовую форму типа base64 не применяются). Каждое такое сообщение в общем случае содержит два массива байтов: заголовок сообщения и тело сообщения. Первые 4 байта заголовка или тела сообщения содержат целое число – его длину.
- При передаче запроса от клиента к серверу в заголовок сетевого сообщения помещается строка, содержащая полное имя вызываемой функции, а в тело сообщения упаковывается структура PmsMessage в открытой или зашифрованной форме, содержащая информационный запрос. Строка заголовка используется сервером для организации вызова соответствующей обрабатывающей функции.
- При передаче результата обработки от сервера к клиенту в заголовок сетевого сообщения помещается строка диагностического сообщения (значение параметра Msg, сформированное обрабатывающей функцией), а в тело сообщения упаковывается структура PmsMessage, содержащая ответ сервера в открытой или зашифрованной форме, предварительно подписанный собственным закрытым ключом сервера. Никакие двоично-текстовые преобразования (типа base64) не применяются. Полученное от сервера диагностическое сообщение автоматически присваивается члену ErrMsg объекта класса PmsSrvLibraries на стороне клиента (см. рис. 1).

Тем не менее, в архитектуре «PMS-Криптосистема» детали реализации сетевого протокола PMS могут различаться в зависимости от выбранной криптосистемы, т.к. от последней зависит состав и структура крипто-данных, включенных в подписанный и/или зашифрованный объект PMSMessage в теле сетевого сообщения. Важнейшее преимущество архитектуры «PMS-CMS-Криптосистема» заключается в том, что в этом случае реализация протокола не зависит от применяемых криптосистем

и целиком основывается на универсальном стандарте представления крипто-данных в CMS (RFC 5652).

2 Временные оценки

Для исследования свойств описанного подхода была проведена серия экспериментов с новой версии PMS. Основная цель этих экспериментов заключалась в сравнении быстродействия двух методов ее реализации (на основе архитектур «PMS-Криптосистема» и «PMS-CMS-Криптосистема») между собой, а также с быстродействием Web-сервисов в одинаковых условиях. Главное внимание уделялось вызовам сервисных функций с относительно малым (от нескольких миллисекунд до нескольких сотен миллисекунд) временем выполнения (при более длительной обработке разница между двумя технологиями практически нивелируется) с применением средств ЭЦП и шифрования сообщений на основе криптосистемы «КриптоПро» версии 3.6, соответствующей требованиям действующих в России ГОСТов в области криптографической защиты информации. На рис. 2 показаны характерные результаты экспериментов с очень быстрой сервисной функцией, выполняющей простое перекодирование полученного строчного сообщения в верхний регистр и возврат результата клиенту, при длине сообщения в 2 Кбайт, 50 Кбайт и 100 Кбайт соответственно. На рисунке приведена диаграммы времен выполнения операции на сервере в реализации «PMS-КриптоПро» (черный столбик), в реализации «PMS-CMS-КриптоПро» (серый столбик) и с помощью Web-сервиса (белый столбик). В каждом режиме время выполнения вычислялось, как среднее значение для 100 последовательных вызовов сервисной функции.

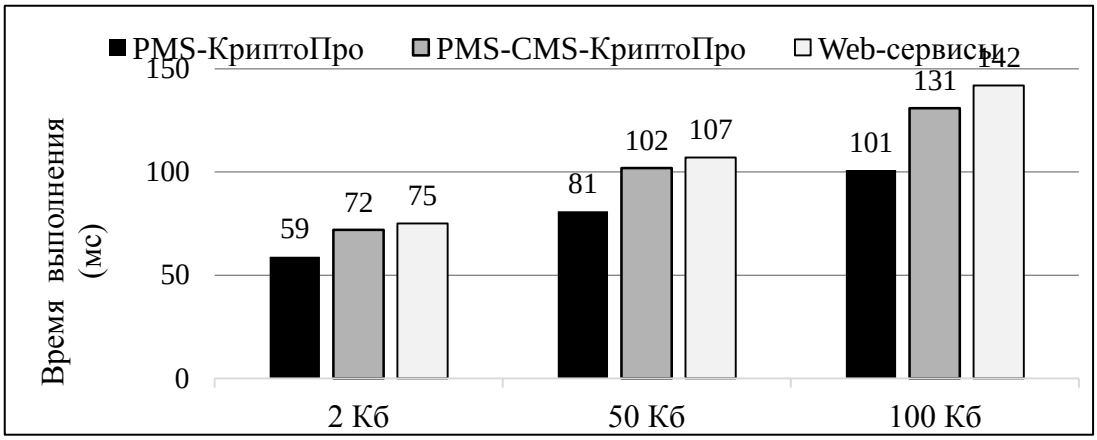


Рис. 2. Оценки быстродействия двух реализаций PMS и Web-сервиса

В целом результаты экспериментов показывают, что реализация PMS на основе архитектуры «PMS-CMS-КриптоПро» в целом несколько уступает в быстродействии «прямой» реализации на основе архитектуры «PMS-КриптоПро. В то же время обе реализации PMS не уступают в быстродействии Web-сервисам.

Литература

1. *Мак-Дональд М., Шпушта М*. Microsoft ASP.NET 3.5 с примерами на C# 2008 и Silverlight 2 для профессионалов. – М.: Вильямс, 2009. – 1408 с..
2. *Згоба А.И., Маркелов Д.В., Смирнов П.И.* Кибербезопасность: угрозы, вызовы, решения / Вопросы кибербезопасности, 2014, № 5. С.30 – 38.
3. *Козлов А.Д., Орлов В.Л.* Методы и средства обеспечения информационной безопасности распределенных корпоративных систем. – М.: ИПУ РАН, 2017. – 156 с.
4. *Асратян Р. Э.* Интернет-служба защищенной обработки информационных запросов в распределенных системах // Программная инженерия, 2016, № 11. С.490 – 497.
5. *Хант К.* TCP/IP. Сетевое администрирование. – СПб.: Питер, 2007. – 816 с.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПАНЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ R

Бабешко Л.О.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д.49
LBabeshko@fa.ru

Аннотация: В статье приводится описание основных функций пакетов панельного моделирования в программной среде R, предназначенных для построения статических и динамических моделей для панельных данных. Рассмотрены современные подходы расширяющие панельное моделирование до векторных моделей авторегрессии с возможностями структурного анализа макроэкономических процессов.

Ключевые слова: модели для панельных данных, векторная авторегрессия, метод инструментальных переменных, обобщенный метод моментов.

Введение

Панельные данные, применяемые в экономическом анализе с 60-х годов 20 века, позволяют решить проблему малых выборок, повысить точность параметров оцениваемых моделей, выявить специфические эффекты исследуемых экономических объектов.

Эконометрический инструментарий панельного моделирования включает три типа статических моделей для панельных данных: модели без эффектов (объединенные модели), модели с фиксированными эффектами и модели со случайными эффектами. Выбор типа моделей выполняется в рамках формального тестирования, использующего иерархическую структуру моделей.

Динамические модели для панельных данных используются для совместного исследования динамики и гетерогенности экономических объектов. Включение в правую часть модели лаговых эндогенных переменных приводит к проблеме эндогенности регрессоров, и применение «статического» аппарата моделей для панельных данных приводит к смещённым и несостоятельным оценкам, и ни внутригрупповое, ни межгрупповое преобразования переменных, при малой выборке в рамках панели, не исключают проблему эндогенности [1].

Для решения проблемы эндогенности традиционно применяется метод *инструментальных переменных* (МИП). В качестве инструментов в спецификацию включают лаговые значения эндогенных переменных с соответствующим лагом (например, МИП-оценка параметров Андерсона-Хсяо). Увеличение лага приводит к уменьшению числа наблюдений и, соответственно, к потере эффективности. Методом, обобщающим данный подход и устраняющим потерю эффективности, является обобщенный метод моментов (ОММ). В ОММ повышение эффективности происходит за счет увеличения числа моментных условий: в качестве инструментов рассматриваются не только экзогенные регрессоры, их лаговые значения в уровнях и второй лаг уровня эндогенной переменной, но и всевозможные подходящие лаги уровня зависимой переменной (оценка Ареллано и Бонда (Arellano, Bond, 1991), обозначаемая в эконометрической литературе GMM-AB).

Перечисленные методы обладают одним недостатком: смещенность оценок на малых выборках из-за недостатка моментных условий. Для преодоления этого недостатка Бланделлом и Бондом (Blundell,Bond, 1998) предложена оценка GMM-BB, использующая целую систему моментных тождеств, в которых первые разности являются инструментами для уравнения, записанного в уровнях, переменные в уровнях – инструментами для уравнения в первых разностях [2].

Аппарат моделей панельных данных традиционно применяется для спецификации, состоящей из одного изолированного уравнения. Однако, для описания сложных экономических систем, включающих несколько экономических объектов, используются не отдельные уравнения, которых недостаточно для объяснения их функционирования, а системы уравнений (в частности, систем одновременных уравнений, СОУ). Одним из недостатков СОУ являются ограничения на структурные параметры модели, необходимые для идентифицируемости уравнений системы при решении проблемы эндогенности регрессоров. В моделях векторной авторегрессии (VAR), предложенных Симсом (Sims (1980)), таких ограничений не требуется. В силу своей простоты они нашли широкое применение при анализе и прогнозировании макроэкономических процессов. Естественным обобщением моделей для панельных данных явилась разработка моделей PVAR, объединяющих возможности оценивания динамических моделей панельных данных при помощи GMM с возможностями структурного анализа макроэкономических процессов при помощи моделей VAR.

Алгоритмы современных методов панельного моделирования реализованы в эконометрических пакетах. В данной работе рассматривается их реализация в программной среде R, пользующейся широкой поддержкой научного сообщества, сообщества разработчиков и пользователей.

1 Статические модели для панельных данных

Для оценки статических моделей для панельных данных в программной среде R необходимо загрузить пакет **plm** (Croissant and Millo, 2008). Оценка параметров выполняется при помощи одноименной функции plm():

plm(formula, data, index, model= c("within", "random", "between", "pooling","ht"),

effect= c("individual", "time", "twoways")

Основные параметры функции:

formula — спецификация оцениваемой модели; data — панельные данные типа data.frame; index=c("firm","year") — индекс, для идентификации объектов и времени по панелям; model — тип оцениваемой модели: "pooling" — параметр для оценки модели без эффектов (Pooled model), "within"— для модели внутригрупповой регрессии, "between"— для модели межгрупповой регрессии, "random"— модель со случайными эффектами, "ht" — параметр для оценки динамических моделей для панельных данных методом Хаусмана-Тейлора (инструментальных переменных без внешних инструментов); effect — оценка индивидуальных эффектов панелей: параметр "individual" предназначен для оценки индивидуальных эффектов панелей (фиксированных или случайных), параметр "time" — для учета временных эффектов; параметр "twoways" — учитывает индивидуальные эффекты панелей и временные эффекты (двунаправленная модель). Для более детальной информации можно воспользоваться справкой ?plm().

К объекту, созданному функцией plm() применяется ряд вспомогательных функций для получения дополнительной информации об оцененной модели: summary() – содержит детальную информацию об оцененной модели (параметры и характеризующие модель общие статистики); residuals() – показывает остатки регрессионной модели; predict()- показывает оценки (прогнозы) эндогенной переменной.

Функция predict(), в рамках модели с фиксированными эффектами, позволяет получить оценки эндогенной переменной только внутригрупповой регрессии по параметрам влияния. Параметры местоположения, учитывающие индивидуальные эффекты панелей, вычисляются при помощи функции: fixef () [3].

Выбор моделей для панельных данных базируется на тестах, учитывающих их иерархическую структуру. Тестирование модели без эффектов против модели с фиксированными эффектами выполняется при помощи F-теста, реализованного функцией pFtest(), аргументами которой являются объекты, созданные функцией plm() для модели без эффектов и модели с фиксированными эффектами, соответственно. Тестирование модели без эффектов против модели со случайными эффектами выполняется при помощи теста множителей Лагранжа, в программной среде R— plmtest(), с параметрами: formula — спецификация оцениваемой модели; data — панельные данные; index — индекс, идентифицирующий панель; effect — характер проверяемых эффектов; type – тест, используемый для проверки нулевой гипотезы. Тестирование модели со случайными эффектами против модели с фиксированными эффектами выполняется при помощи теста Хаусмана, в R — phtest().

2 Динамические модели для панельных данных

Оценка динамических моделей для панельных данных может быть выполнена в пакете **plm** при помощи функции pgmm(). Программа реализует алгоритм Ареллано-Бонда, основанного на обобщенном методе моментов. Основные параметры функции [4]:

pgmm(formula, data, effect = c("twoways", "individual"), model = c("onestep", "twosteps"), transformation = c("d", "ld")), где formula — спецификация модели, подлежащая оценке. Для динамической модели используется функция — dynformula (formula,list()), в которой указана спецификация модели и список максимальных значений лагов для каждой её переменной, начиная с эндогенной; data — панельные данные типа data.frame; effect — оценка индивидуальных эффектов панелей: параметр "individual" предназначен для оценки индивидуальных эффектов панелей (фиксированных или случайных), параметр "twoways" (по умолчанию) — учитывает индивидуальные эффекты панелей и временные эффекты (двунаправленная модель); model = c("onestep", "twosteps") — параметр onestep — одношаговый алгоритм, выполняется по умолчанию, transformation — параметр преобразования переменных: d — разности первого порядка, ld — запаздывающая разность первого порядка.

К объекту, созданному функцией pgmm() применяется ряд вспомогательных функций для получения дополнительной информации об оцененной модели: summary() – содержит детальную информацию об оцененной модели (параметры и характеризующие модель общие статистики), тест Саргана на правильность выбора инструментов, тесты на автокорреляцию первого и второго порядков.

3 Векторная авторегрессия для панельных данных

Пакет **panelvar** (M.Sigmund, R. Ferstl, 2017) объединяет возможности оценивания динамических моделей панельных данных при помощи GMM с возможностями структурного анализа макроэкономических процессов при помощи моделей векторной авторегрессии (VAR). Для работы с пакетом необходима его установка в программной среде R (install.packages("panelvar")).

Функция, при помощи которой выполняется оценка параметров модели векторной авторегрессии для панельных данных (PVAR) — pvargmm( ), с основными параметрами: dependent_vars — зависимые переменные (m); lags —число лагов зависимой переменной (p); predet_vars — предопределенные переменные (k); exog_vars — экзогенные переменные (n); transformation: "fd"— преобразование переменных при помощи первых разностей, "fod" — ортогональное преобразование переменных; data — набор данных; panel_identifier=c("id", "year") — индекс, для идентификации объектов и времени по панелям; steps = c("twostep") — число шагов в процедуре gmm; max_instr_dependent_vars = 99, min_instr_dependent_vars = 2L — максимальное и минимальное число инструментальных переменных для зависимых переменных, max_instr_predet_vars = 99, min_instr_predet_vars = 1L — максимальное и минимальное число инструментальных переменных для предопределенных переменных.

Для более детальной информации можно воспользоваться справкой ?pvargmm().

К объекту, созданному функцией pvargmm() применяется ряд вспомогательных функций для получения дополнительной информации об оцененной модели: summary() – содержит детальную информацию об оцененной модели (параметры и характеризующие модель общие статистики); oirf() — функция для вычисления ортогональных импульсных откликов, girf— функция для вычисления обобщенной функции импульсных откликов [5].

Литература

1. *Носко В.П.* Эконометрика Кн.1. Ч.2: учебник — М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011.— 576 с.
2. *Ратникова Т.А.* Введение в эконометрический анализ панельных данных// Экономический журнал высшей школы экономики. -2006. -Том 10, -№ 3. -С.492-510.
3. *Бабешко Л.О.* Методические аспекты панельного моделирования в R// Современная математика и концепции инновационного математического образования. М., Издательский дом МФО, — 2018. —С.243-252.
4. *Kleiber C., Zeileis A.* Applied Econometrics with R. — New York. Springer-Verlag, 2008. — 222 p.
5. *Sigmund, M., Ferstl, R.* (2017) Panel Vector Autoregression in R with the Package panelvar Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=2896087 doi: 10.2139/ssrn.2896087

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ТЕЛЕИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ ЭНЕРГЕТИКИ, ТЕПЛО- И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Беленев С.А.[1,3], Волошин Е.В.[2], Кузнецов Р.С.[1,4]

[1]ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток, ул. Радио 5

[2]ПАО «Дальневосточная Энергетическая Компания», г. Владивосток, ул. Тигровая 19

[3]КГУП «Приморский водоканал», г. Владивосток, ул. Некрасовская 122

[4]ВГУЭС, г. Владивосток, ул. Гоголя 41

belenev@me.com, voloshin_ev@dvec.ru, kuznetsov@dvo.ru

Аннотация: Рассмотрены проблемы перехода систем теплоснабжения и водоснабжения на новые цифровые технологии. Дано описание опыта разработки и эксплуатации систем телеметрии на предприятиях Приморского края. Показаны возможности использования современных инструментов сбора и анализа для выработки рекомендаций по оптимальному режиму эксплуатации технических объектов и эффективного управления инженерными системами с целью реализации мероприятий по энергосбережению.

Ключевые слова: телеизмерения, теплоснабжение, энергоснабжение, водоснабжение.

Запуск национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»[1] стимулирует переход предприятий на использование современных цифровых технологий. В рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура» с целью создания глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок запланировано развитие инфраструктуры мобильной и спутниковой связи нового поколения, реализуются пилотные проекты по созданию сетей связи 5G, создается платформа сбора данных промышленного интернета вещей (приборов автоматического измерения показателей). Развитие сетей связи на объектах инженерной инфраструктуры позволяет принципиально по-новому организовать управление в системах теплоснабжения, энергоснабжения и водоснабжения.

Тенденция к эффективному и экономичному использованию тепло-, энерго- и водных ресурсов стимулирует устанавливать приборы учета для контроля потребления с целью энергосбережения. Современный прибор учета постоянно измеряет и накапливает в своей памяти данные о потреблении ресурсов за продолжительные периоды времени. Накапливаемая информация представляет ценность для интеллектуального анализа данных и проведения исследований. Однако необходимо решить актуальную задачу регулярной и оперативной передачи этой информации в центры обработки данных (ЦОД). Автоматическая передача данных с приборов учета через средства и различные каналы связи в базу данных ЦОД возможна с помощью современных телекоммуникационных и цифровых технологий с использованием отечественных программных комплексов распределенного сбора телеизмерений. Разработка таких программных комплексов требует решения ряда специфических, технически сложных и порой нетривиальных задач, а также привлечения финансовых и интеллектуальных ресурсов.

В ИАПУ ДВО РАН с 2000 года совместно с инжиниринговыми компаниями выполняются работы по поэтапному развитию информационно-аналитического центра (ИАЦ) [2] инженерной инфраструктуры сложных технических объектов и систем Приморского края. Основная стратегическая задача ИАЦ — интеграция разработок, связанных с внедрением современных информационных технологий и средств автоматизации в промышленности и ЖКХ на Дальнем Востоке России. ИАЦ призван осуществлять дистанционный сбор и накопление результатов измерений основных параметров, мониторинг в реальном времени, анализ ретроспективной информации, поддержку энергосберегающих режимов функционирования, оценку эффективности внедряемых технологий. ИАЦ базируется на использовании взаимосвязанного комплекса программных, технических средств и информационного обеспечения. Основной интеллектуальной составляющей ИАЦ являются информационно-аналитические системы (ИАС) [3-5], в которых (в отличие от традиционных информационно-измерительных систем) основной акцент делается на анализ результатов измерений как в реальном времени, так и накапливаемых за значительные периоды времени (месяцы и годы). Создание информационно-аналитических систем ведется с помощью специализированной платформы [6], разработанной в ИАПУ ДВО РАН. При создании систем учёта расхода воды, тепловой и электроэнергии первоочередной задачей является получение результатов измерений с электро-, тепло- и водосчётчиков. Для решения этой задачи разрабатываются распределенные системы сбора данных [7,8], которые позволяют осуществить автоматическое считывание информации из приборов учёта (рис. 1).

На базе ИАПУ ДВО РАН создана материально-техническая база и информационное обеспечение для практического применения разработки в теплоэнергетическом комплексе Приморского края. Информационно-аналитический центр теплоэнергетического комплекса региона включен в 2009 году торгово-промышленной палатой Российской Федерации в перечень перспективных инновационных проектов и разработок, поддерживаемых торгово-промышленными палатами и объединениями предпринимателей. На текущий момент в рамках инновационного проекта создан центр сбора, хранения и обработки данных (ЦОД), который позволяет получать каждый день результаты измерений более чем с 500 разнотипных приборов учёта и регулирования (теплосчётчики, электросчётчики, контроллеры отопления и др.), установленных на тепловых пунктах объектов-абонентов теплоснабжения (промышленные предприятия, объекты ЖКХ, административные учреждения, здания различного назначения и т.д.). Эксплуатация ИАЦ позволяет осуществлять наблюдение и анализ режимов функционирования объектов, облегчает управление ими с учетом требований обеспечения энергосбережения.



Рис. 1. Архитектура центра сбора данных с приборов учёта и регулирования

На сегодняшний день в нашей стране разработано достаточно много автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) в электроэнергетике. Современные АСКУЭ способны решать задачи сбора результатов измерений с территориально-распределенных объектов, для связи с которыми применяются современные телекоммуникационные технологии на основе беспроводных сетей передачи данных (GSM, NB-IoT). В сети GSM соединение устанавливается через базовые станции по беспроводному каналу связи. Для установки соединения между абонентами GSM-сети может быть использована как коммутируемая (CSD), так и пакетная (GPRS/EDGE) технология передачи информации. В качестве примеров эксплуатируемых в ДЭК можно привести "Альфа-Центр", "Энергосфера", "Телескоп+" и "Пирамида". Несмотря на уникальность каждого отдельного АСКУЭ необходимо произвести их сравнение между собой, и спроектировать архитектуру обобщенной системы сбора данных. Проведен анализ существующей архитектуры системы и выявлены недостатки при решении задач автоматического сбора данных. По результатам анализа сформированы предложения по устранению недостатков с целью повышения эффективности функционирования АСКУЭ.

В КГУП «Приморский водоканал» разработана система сбора и анализа технологической информации из разнородных источников. Система является эффективным инструментом анализа и выработки рекомендаций по оптимальному режиму водоподачи. Одна из основных составляющих тарифа (наибольшая часть затрат) за водоснабжение и водоотведение – электроэнергия. Во Владивостоке крайне непростой рельеф. Весь город стоит на сопках, что делает процесс подачи воды крайне сложным и энергозатратным из-за очень большого перепада высот. Город разделен на несколько зон водоснабжения, каждая из которых имеет свою диктующую точку (дом, резервуар, сопка). Насосные станции (НС) работают в каждой из зон системы водоснабжения и потребляют основную долю электроэнергии. Всего на техническом обслуживании «Примводоканала» 84 водных НС и 57 канализационных НС. В условиях модернизации НС и улучшения качества процесса водоподачи, мероприятия по энергосбережению приобретают ключевое значение. Актуальной является задача оптимизации функционирования НС с целью повышения энергоэффективности и реализации мероприятий по энергосбережению. Первым шагом на пути к снижению потребления электроэнергии является обследование всех крупных НС для выявления избыточного давления на участках сети водоснабжения. На втором этапе проведены мероприятия по оптимизации работы НС:

- оптимизация технического процесса регулирования напорными задвижками;
- оптимизация производительности НС;
- оптимизация использования резервуаров в часы пиковых нагрузок;
- оптимизация загрузки водоводов для снижения давления;
- установка подкачивающих насосов для абонентов.

Необходимо отдельно отметить, что наилучшим решением, исходя из практического опыта, для оптимизации режима работы НС является применение регулируемого привода. Энергосберегающий эффект достигается в этом случае за счёт регулирования производительности насосной установки с учётом поддержания постоянного давления у потребителя. Такие режимы работы характерны, в частности, для большинства технологических систем водоснабжения. Благодаря комплексу мер по энергосбережению в 2018 году на крупных НС предприятия КГУП «Приморский водоканал» без дополнительных затрат и вложений на оборудование удалось за счёт оптимизации режимов функционирования сократить потребление электроэнергии на 8-10% (экономия 45 млн. руб.) по сравнению с такими же периодами предыдущих лет. На предприятии мероприятия по энергосбережению в 2019 году продолжаются. В настоящий момент ведутся работы на НС «Седанка». В планах также произвести реконструкцию канализационной НС №5, и запустить второй резервуар на сопке «Опорная». Ожидаемый эффект от мероприятий – экономия порядка 30% от потребляемой сейчас электроэнергии.

Литература

1. Паспорт национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" // СПС КонсультантПлюс.
2. *Кузнецов Р.С., Чипулис В.П.* Информационно-аналитический центр объектов теплоэнергетики // В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012) Труды Шестой международной конференции (ежегодный сборник). Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. 2012. С. 362-371.
3. *Чипулис В.П., Кузнецов Р.С.* Информационно-аналитические системы в теплоэнергетике для повышения энергоэффективности // В сборнике: Информационные технологии в управлении (ИТУ-2016) Материалы 9-й конференции по проблемам управления. Председатель президиума мультиконференции В. Г. Пешехонов. 2016. С. 544-551.
4. *Yu. Bogdanov, V. Chipulis*, "Information-Analytical Systems of Thermo-Power Engineering," LNICST, vol. 72. Springer: Heidelberg, 2012, pp. 116-124.
5. *Кузнецов Р.С., Раздобудько В.В., Чипулис В.П.* Информационно-аналитические системы объектов теплоэнергетики // Информатика и системы управления. №2(28). 2011. С. 41-49.
6. *Волошин Е.В., Кузнецов Р.С., Чипулис В.П.* Автоматизация объектов теплоэнергетики на базе аналитической платформы // Автоматизация в промышленности. 2016. № 12. С. 18-24.
7. *Волошин Е.В.* Программный модуль для сбора измерительной информации с объектов теплоэнергетики // Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. № 9. С. 25-33.
8. *R. Kuznetsov, V. Chipulis.* "Wireless Data Collection in Power System," // Lecture Notes in Electrical Engineering. Vol. 280. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014, pp. 21-26.

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ

Бурлов В.Г., Грачев М.И.

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации», Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Летчика Пилютова, д. 1

burlovvg@mail.ru, mig2500@mail.ru

Аннотация: В работе предложена технология управления процессом обеспечения безопасности в крупномасштабных системах с применением Web-технологий и заключающейся в отслеживании негативных факторов с целью их дальнейшего устранения. Мониторинг выявления негативных факторов и их последующее устранение происходит с учетом морально-деловых качеств лица принимающего решение, программно-аппаратного комплекса и Web-технологий повсеместно внедряющихся в нашу жизнедеятельность.

Ключевые слова: крупномасштабные системы, Web-технологии, технология, процесс, управление.

Рассматривая крупномасштабные системы необходимо сказать, что это большие комплексные системы расположенные на обширной территории и включающие в себя сложный механизм взаимодействия и взаимовлияния. К крупномасштабным системам относятся Госкорпорации, Госхолдинги, топливно-энергетические комплексы и отдельные отрасли авиационно-космическая, организационно-техническая, медико-биологическая и другие социальные системы [1-3].

Крупномасштабность систем обусловлена наличием на ник как объектов с большими мощностями, так и объектов с повышенной опасностью, что требует соблюдений разработанных для

этого норм и требований [1-3]. Также должна быть технология управления процесса обеспечения безопасности в крупномасштабных системах.

С развитием современных информационных технологий и все большим внедрением их в нашу повседневную жизнедеятельность, технология управления процессом обеспечения безопасности в крупномасштабных системах должна учитывать Web-технологии.

Процесс внедрения Web-технологий подразумевает все большее внедрение программно-аппаратных средств и как следствие необходимость проведения переподготовки соответствующих лиц. Переподготовка очень важный инструмент в нашем мире, так как позволяет обученному лицу принимающему решения (ЛПР) принимать управленческие решения быстрее и качественнее. Конечно же, распределение переподготовки должно вестись с учетом выполняемых обязанностей [4,5].

Технологию управления процессом обеспечения безопасности в крупномасштабных системах необходимо представить на следующей схеме, рисунок 1.

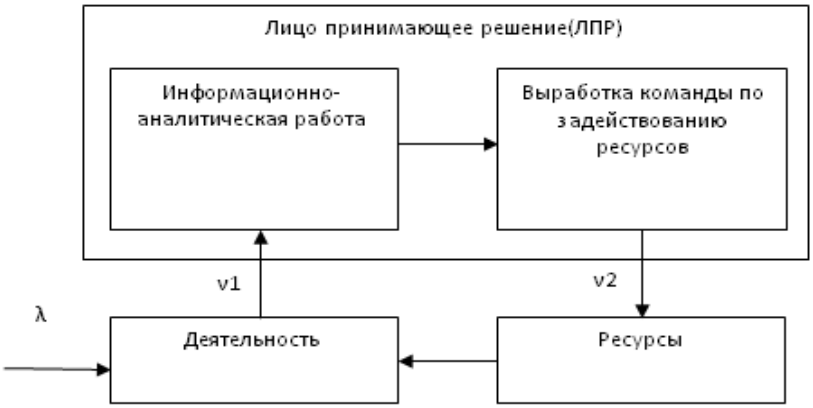


Рис. 1. Схема технологии управления процессом обеспечения безопасности в крупномасштабных системах

Введем следующие обозначения: λ – величина, обратная среднему времени проявления проблемы; v_1 – величина, обратная среднему времени идентификации проблемы; v_2 – величина, обратная среднему времени нейтрализации проблемы.

На представленном рисунке мы видим, что при поступлении какой либо угрозы λ выполняется деятельность v1 направленная на распознание поступившей угрозы, то есть ведется информационно-аналитическая работа и принятие управленческого решения ЛПР (выработка команды по задействованию необходимых ресурсов v2), и как следствие выполненных мероприятий устранение угрозы или срыв в устранении угрозы. При срыве в устранении угрозы будет вестись дополнительная информационно-аналитическая работа направленная на устранение угрозы с новыми данными. При полном устранении угрозы система переходит в ждущий режим определения угроз[6-13].

ЛПР принимает решение на основе модели [14]. Модель принятия управленческого решения можно представить рисунком 2.

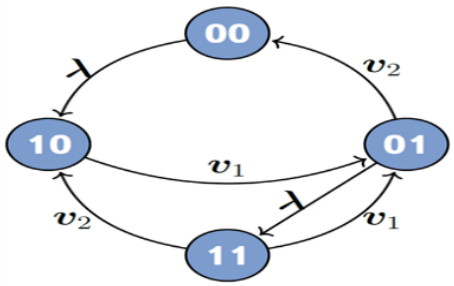


Рис. 2. Модель принятия управленческого решения

Сама модель принятия управленческого решения будет характеризоваться четырьмя базовыми состояниями:

- первое состояние - A_{00}, когда угроза не будет распознаваться и не будет нейтрализоваться(состояние ждущего режима);
- второе состояние - A_{11}, когда угроза идентифицирована и полностью нейтрализована;
- третье состояние - A_{10}, угроза распознана, но не устранена;
- четвертое состояние – A_{01}, угроза не распознана, но благодаря готовности системы и программно-аппаратному комплексу включающему в себя Web-технологии происходит ее нейтрализация [15].

Принятие управленческих решений ЛПР происходит на основе модели, под которой мы будем понимать описание или представление объекта, либо соответствующее объекту и помогающее получать характеристики об этом объекте. Под решением мы будем понимать модель процесса, с которым работает лицо осуществляющий деятельность по поддержанию безопасности в крупномасштабных системах. А сам процесс будет представлять собой направленное действие при его фиксированном предназначении.

В нашем случае мы применяем естественно-научный подход (ЕНП), который в свою очередь, как основу будет использовать закон сохранения целостности объекта (ЗСЦО). Применяя разработанный ЕНП [7,8,10] мы получим, что каждый процесс должен быть представлен тремя составляющими. В теории функциональных систем академика АН СССР Анохина П.К.[14] показали, что решение человека формируется в схеме «возбуждение», «распознание», «реакция на обстановку». Руководствуясь данными принципами трёхкомпонентности осуществим синтез нашей технологии [6,11,13].

Получение технологии управления процесса обеспечения безопасности в крупномасштабных системах с учетом web-технологий, сводится к получению управленческого решения включающего в себя три компонента «обстановка», «информационно-аналитическая работа», «выработка команды с использованием или без для этих целей необходимых ресурсов» [15].

(1) $P=F(\Delta tПП, \Delta tИП, \Delta tНП)$.

где: $\Delta t_{пп}$ – периодичность возникновения проблемы; $\Delta t_{ип}$ – периодичность идентификации проблемы; $\Delta t_{нп}$ – периодичность нейтрализации проблемы; P - есть вероятность того, проблема возникающая перед человеком в условиях неопределенности распознается и разрешается.

Это и есть условие существование процесса управления. Среднее время идентификации и нейтрализации проблемы будет зависеть от двух факторов: первый, это человеческий фактор, то есть то время которое необходимо человеку исходя из его психических и физиологических возможностей; а второй, это фактор технической оснащенности в который входят и Web-технологии, которые или сокращают время затрачиваемое на идентификацию и нейтрализацию проблемы или никак на него не влияют [15].

Полученная модель технологии управления по обеспечению безопасности позволяет нам увязать данные элементы с характеристиками возможностей Web-технологий $\Delta t_{ип}= \Delta t_{ип}^{ЧФ}+\Delta t_{ип}^{ТО}$ и $\Delta t_{нп}= \Delta t_{нп}^{ЧФ}+\Delta t_{нп}^{ТО}$ через показатель эффективности реализации управленческого решения Р (вероятность того, что каждая проблема, возникающая перед человеком, распознается им и устраняется). Общий вид зависимости имеет следующий вид:

(2) $P=F(\Delta t_{ПП}, \Delta t_{ип}^{ЧФ}+\Delta t_{ип}^{ТО}, \Delta t_{нп}^{ЧФ}+\Delta t_{нп}^{ТО})$.

Далее, путем введения вероятностей нахождения нашей системы управления в четырёх состояниях описанных ранее, мы получим четыре вероятности P_{00}, P_{10}, P_{01}, P_{11}, нахождению системы в состояниях A_{00}, A_{10}, A_{01}, A_{11}[15].

Применяя для решения систему дифференциальных уравнений Колмогорова – Чемпена мы получим решение в следующем виде:

(3) $P_{00}= \nu_1\nu_2/\lambda(\lambda+\nu_1+\nu_2)+\nu_1\nu_2$

В этом соотношении мы связали три параметра, которые зависят от возможности Web-технологий [15].

Применение методов сетевого планирования, позволит нам оценить более тщательно процесс нейтрализации угроз и вносить необходимые изменения. Таким образом, система будет плавно подстраиваться под нужное направления и исключая, тем самым негативные последствия.

Для этого в крупномасштабных системах необходимо разработать сетевые графики проявления, мониторинга и нейтрализации угроз, после чего провести соответствующий их анализ.

Таким образом, в данной работе мы установили технологию управления процессом обеспечения безопасности в крупномасштабных системах с учетом web-технологий. Позволяющий распознавать

угрозы и вовремя на них реагировать. Своевременная подготовка (переподготовка) кадров, а также использование Web-технологий совместно с программно-аппаратным комплексом позволит снизить временные затраты на определение и устранение угроз и перераспределить высвободившееся время.

Литература

1. *Цвиркун А.Д.* Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с.
2. *Цвиркун А.Д.* Структура сложных систем. – М.: Сов. Радио, 1975.
3. *Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К.* Структура многоуровневых и крупномасштабных систем. Синтез и планирование развития. – М.: Наука, 1993.
4. *Бурлов В.Г., Грачев М.И., Примакин А.И.* Многоуровневый подход в подготовке и переподготовке кадров в сфере безопасности информационных технологий // Региональная информатика и информационная безопасность сборник научных трудов. Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2017. С. 185-189.
5. *Воронич В.В., Грачев М.И., Локнов А.И., Примакин А.И.* Подготовка и переподготовка кадров в области информационной безопасности для правоохранительных органов // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Санкт-Петербургское общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2016. С. 80-84.
6. *Бурлов В.Г., Грачев М.И.* Разработка математической модели управленческого решения руководителя высшего учебного заведения, учитывающей возможности Web-технологий // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Санкт-Петербургское общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2016. С. 212-216.
7. *Бурлов В.Г., Грачев М.И., Петров С.В.* Web-технологии и модель принятия управленческих решений специалиста по организации и управлению дорожным движением // Магистратура автотранспортной отрасли. Материалы II Всероссийской научной конференции: в 2-ч частях. 2017. С. 30-34.
8. *Burlov V., Grachev M.* Development of a mathematical model of traffic safety management with account for opportunities of web technologies // Transportation Research Procedia 2017. С. 97-105.
9. *Грачев М.И.* Разработка математической модели решения руководителя вуза и её внедрение в контур управления, использующий web-технологии // Нейрокомпьютеры и их применение Тезисы докладов. 2017. С. 252-254.
10. *Бурлов В.Г., Грачев М.И.* О механизмах управления образовательным учреждением высшего образования на основе web-технологий // Информационные управляющие системы и технологии 2017. с. 200-203.
11. *Burlov V., Grachev M.* Model of making managerial decisions in the modeling of traffic flow taking into account web technologies // IX московская международная конференция по исследованию операций (ORM2018) труды. 2018. с. 510-512.
12. *Грачев М.И.* Руководитель и web-технологии в системе управления высшим учебным заведением // Нейрокомпьютеры и их применение XVI Всероссийская научная конференция : тезисы докладов. 2018. С. 344-345.
13. *Бурлов В.Г., Грачев М.И.* Применение web-технологий и пропускная способность сайта образовательной организации // Информационные управляющие системы и технологии (ИУСТ-ОДЕССА-2018) Материалы VII международной научно-практической конференции. 2018. с. 188-192.
14. *Анохин П.К.* Системные механизмы высшей нервной деятельности. М. "Наука", 1979, - 453 стр.
15. *Бурлов В.Г., Андреев А.В., Гомазов Ф.М., Грачев М.И.* Модель решения руководителя отвечающего за распределение транспортных потоков с учетом Web-технологий // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018) Материалы одиннадцатой международной конференции. В 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2018. С. 41-43.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РУЛЕВОГО ПРИВОДА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Вересников Г.С.[1], Скрябин А.В.[2]

[1]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул.Профсоюзная д.65,
[2]Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского,
Россия, г. Жуковский, ул. Жуковского д. 1
veresnikov@mail.ru, skryabinalexey@gmail.com

Аннотация: В работе предлагается общая схема анализа данных для построения алгоритмов оценки и прогнозирования технического состояния электромеханического привода (ЭМП) летательного аппарата с использованием методов интеллектуального анализа данных. Рассматривается математическая модель ЭМП, которую предлагается использовать для оценки технического состояния ЭМП и формирования базы прецедентов, которая является исходной информацией методов интеллектуального анализа данных. Проведенные исследования являются актуальными для проведения работ по созданию электрического летательного аппарата, в котором используется технология ЭМП.

Ключевые слова: электромеханический рулевой привод, диагностика технического состояния, интеллектуальный анализ данных, машинное обучение.

Введение

Разработки, проводимые в РФ и за рубежом в области создания электрического летательного аппарата (ЛА), используют технологию электромеханического привода (ЭМП) для отклонения рулевой поверхности первичной системы управления полетом. Необходимость повышения показателей безопасности полета летательных аппаратов и снижения сервисных затрат обуславливают актуальность разработки и внедрения систем контроля технического состояния (СКТС) ЭМП.

Исследования СКТС ЭМП проводятся ведущими авиационными конструкторскими бюро (Airbus, Boeing, Sikorsky и др.), исследовательскими организациями (ЦАГИ, DLR, NASA, INSA CESA, и др.) и разработчиками систем управления полетом (Liebherr, Moog, Parker и др.) [1].

Существующие прототипы подобных систем показали эффективность интеграции методов интеллектуального анализа данных (ИАД) и метода сравнения функционирования сигналов натурной системы с математической моделью для контроля технического состояния ЭМП. Применение методов ИАД позволяет решать задачу оценки технического состояния ЭМП, когда отсутствуют достаточное количество данных для принятия статистических гипотез с необходимым уровнем доверия и подробные математические модели ЭМП, позволяющие учитывать всевозможные внутренние и внешние факторы.

В работе предлагается общая схема анализа данных для построения алгоритмов оценки технического состояния ЭМП с использованием методов ИАД. Рассматривается модель ЭМП, которую предлагается использовать для оценки технического состояния ЭМП и формирования базы прецедентов для применения методов ИАД.

1 Анализ данных и построение алгоритмов оценки и прогноза технического состояния ЭМП

Использование только методов ИАД для построения алгоритма оценки технического состояния ЭМП может являться неэффективным, вследствие:

- высокой размерности исходных данных;
- наличия закономерностей в данных, которые не могут быть эффективно найдены этими методами без предварительного анализа;
- недостатка данных для формирования базы прецедентов и т.д.

В рамках проведенных исследований предлагается комплексная схема анализа данных (рис. 1), в которой интегрируются методы формирования и обработки исходной информации с методами ИАД. Данная схема предназначена для построения алгоритма, который используется для оценки и прогноза технического состояния ЭМП.

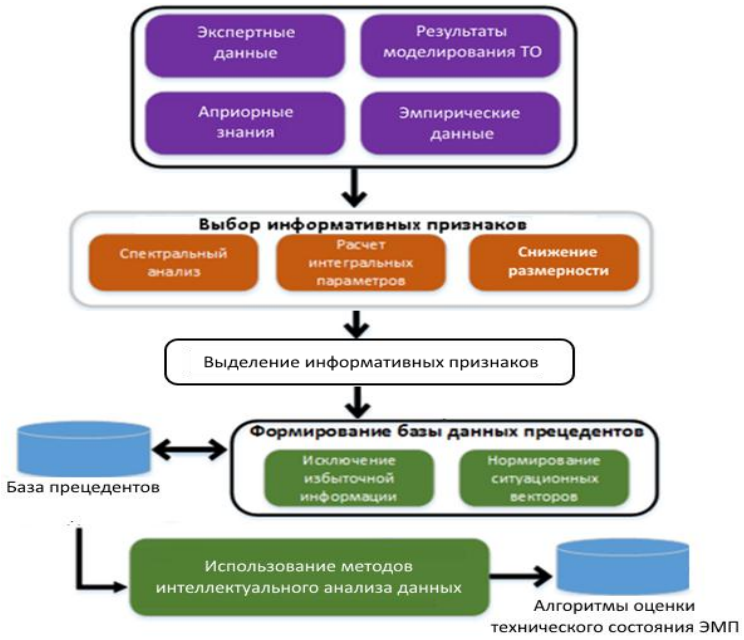


Рис. 1. Схема анализа данных для построения алгоритма оценки технического состояния ЭМП

Схема использования алгоритма оценки технического состояния ЭМП в СКТС ЭМП представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема алгоритма оценки и прогноза технического состояния ЭМП

На выходе схемы алгоритма, представленной на рис. 2, будет получена оценка и прогноз технического состояния ЭМП, которые используются для принятия решений обеспечивающих безопасность эксплуатации летательных аппаратов.

2 Математическая модель ЭМП

Для анализа характера и величин потерь энергии была разработана математическая модель ЭМП с прямозубым редуктором, состоящая из 3 подсистем: блок электроники, электродвигатель и редуктор. Для задачи идентификации технического состояния ЭМП требуется детализированный учет кинематических характеристик редуктора и электродвигателя [2] (рис. 3).

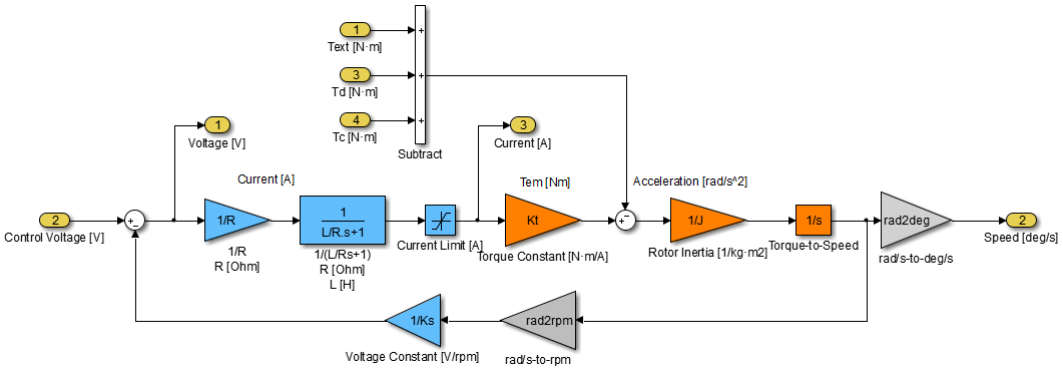


Рис. 3. Упрощенная математическая модель электродвигателя ЭМП.

Представленная математическая модель основана на суммировании активных и реактивных моментов: $T_{EM} = T_{Ext} + T_J + T_D + T_C$, где T_{EM} - электромагнитный момент, T_{Ext} - момент внешней нагрузки, T_J - инерционный момент, T_D - диссипативный момент (трение и электромагнитные потери энергии), T_C - момент, затраченный на упругую деформацию элементов редуктора (возникает после выбирания люфта).

Рост величин трения и люфта до превышения определенного порога может оставаться не выявленным по причине сохранения заданного техническими требованиями качества регулирования привода. Тем не менее, монотонный рост данных характеристик свидетельствует о прогрессирующей деградации системы. Для исследования процессов развития деградаций, их влияния на энергетический баланс, создания и верификации алгоритмов оценки и прогнозирования технического состояния ЭМП с использованием методов ИАД предполагается производить варьирование величин трения и люфта для заданных режимов функционирования привода. Отработка математической модели на характерных режимах функционирования ЭМП позволяет формировать прецеденты, которые используются в рамках схемы на рис. 1.

Заключение

Для обеспечения высокого уровня надежности и безопасности технологий «более электрического» летательного аппарата требуется построение эффективных СКТС ЭМП. В связи с этим возникает проблема разработки методов и алгоритмов для оценки и прогноза технического состояния ЭМП. В результате проведенных исследований разработаны:

- схема анализа данных для построения алгоритмов оценки и прогнозирования технического состояния ЭМП в которой интегрируются методы формирования и обработки исходной информации с методами интеллектуального анализа данных;
- модель электромеханического привода, которую предлагается использовать для оценки технического состояния ЭМП и формирования базы прецедентов, необходимой для применения методов ИАД.

Литература

1. *Скрябин А.В.* Системы контроля технического состояния и прогнозирования неисправностей электромеханических рулевых приводов летательного аппарата. Современный уровень развития. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет» №2, стр. 50-64, 2018.

2. *R. Kowalski, F. Möller, P. Gallun, A.* Bierig Test facility for electro-mechanical actuation systems // Proceedings of the 7th International Workshop on Aircraft Systems Technologies, Hamburg, Germany, 2019, p. 133-142.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СМЕШАННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Вересников Г.С., Панкова Л.А., Пронина В.А., Огородников О.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
veresnikov@mail.ru, ludmila_pankova@bk.ru, valeria.pronina@gmail.com, lapom_13@mail.ru,

Башкиров И.Г.

Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского
Россия, г. Жуковский, Жуковского ул., 1
aerobig@mail.ru

Аннотация: Описана методика оптимального проектирования технических объектов в условиях параметрической смешанной неопределенности. Предлагается модель оптимального проектирования в рамках шанс-теории, предназначенной для моделирования систем со смешанной неопределенностью. В качестве примера формализуется и решается задача расчета весовых параметров пассажирского летательного аппарата в предварительном проектировании в условиях параметрической смешанной неопределенности.

Ключевые слова: смешанная неопределенность, неопределенно-случайная величина, модель оптимального проектирования, шанс-теория, расчет весовых параметров летательного аппарата.

В методах проектирования технических объектов обычно используются параметры, представленные конкретными значениями. Как правило, исходные данные – это результат экспертной оценки или статистической обработки, т.е. параметры могут быть не заданы точно. Когда точные значения параметров неизвестны, применение моделей расчета и многокритериальной оптимизации, предназначенных для вычислений с точными значениями, может привести к неэффективным или недопустимым решениям. В связи с этим актуальна разработка методики оптимального проектирования технических объектов в условиях параметрической неопределенности (неточности).

Принятие решений в предварительном проектировании, как правило, происходит в условиях смешанной параметрической неопределенности, когда присутствуют параметры как алеаторные (случайные), так и эпистемические (информацию о параметре получают от экспертов). При построении моделей оптимизации в условиях параметрической неопределенности необходим переход от недетерминированных целевых функций и ограничений к их детерминированным дубликатам. В качестве детерминированных дубликатов целевых функций – критериев оптимизации – используются их числовые характеристики (среднее значение, дисперсия, квантиль и др.).

На рис. 1 представлена методика оптимального проектирования технических объектов в условиях параметрической смешанной неопределенности, которая была реализована и опробована при решении некоторых задач предварительного проектирования ЛА.

Опишем кратко эту методику. Задаются формулы расчетов, используемые в предварительном проектировании. Выбираются критерии оптимизации – целевые функции, отражающие степень удовлетворения заданных технических требований (ТТ). Определяются входные и проектируемые параметры, а также ограничения, которым должны удовлетворять проектируемые параметры. Входные и проектируемые параметры классифицируются по типу неопределенности: детерминированные, случайные и эпистемические. После сбора информации о недетерминированных параметрах строятся модели представления недетерминированных (эпистемических и случайных) параметров. Целевые функции и ограничения с неопределенными параметрами заменяются их детерминированными дубликатами, выбранными лицом, принимающим решение (ЛПР). Формируются модели оптимального проектирования. Для решения задач, представленных этими моделями, применяется алгоритм многокритериальной оптимизации, например генетический алгоритм. После оптимизационных расчётов выполняется анализ полученных результатов, который осуществляется на основе методов, предназначенных для выбора решений. Анализируя полученный Парето-фронт, ЛПР выбирает предпочтительную точку (вектор в пространстве целевых функций) и соответствующее Парето-решение (вектор проектируемых параметров).

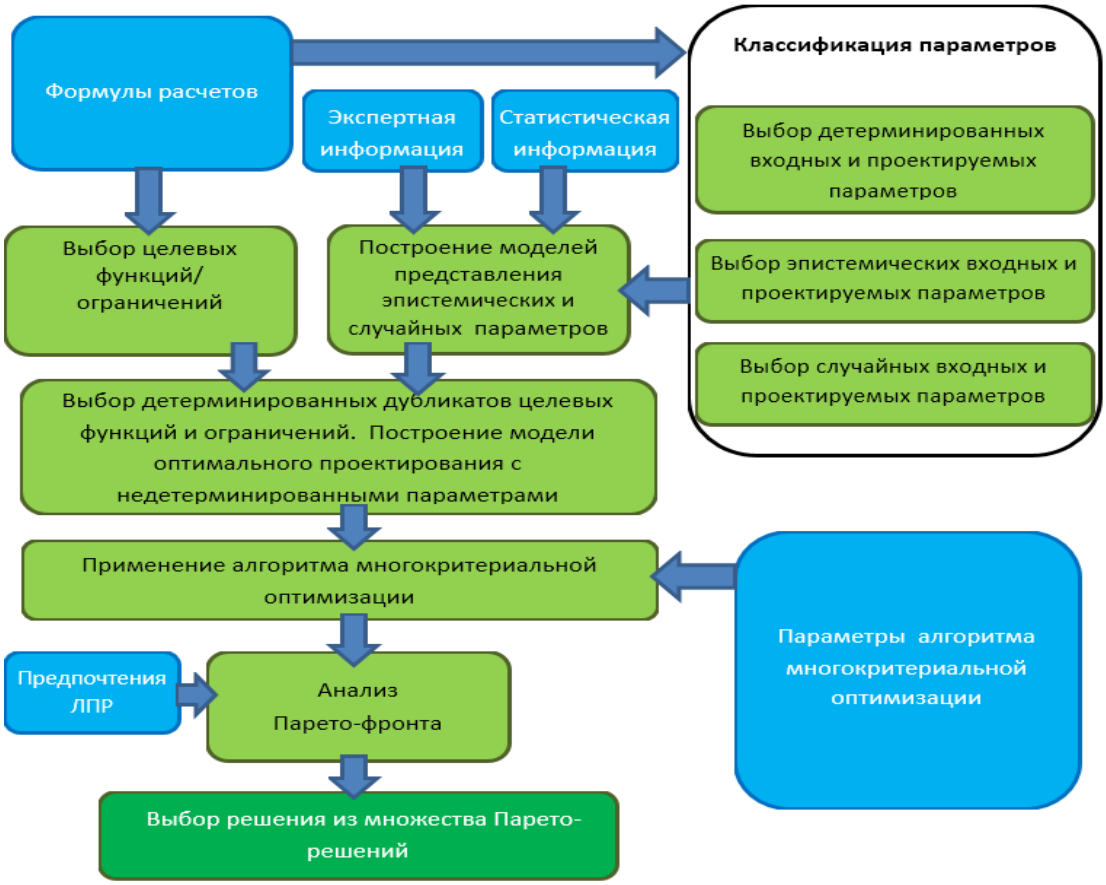


Рис.1. Методика оптимального проектирования технических объектов в условиях параметрической смешанной неопределенности

Опишем модель оптимального проектирования в рамках шанс-теории, предназначенной для моделирования систем со смешанной неопределенностью, где параметры с эпистемической неопределенностью моделируются неопределенными величинами, введенными в теории неопределенности [1]. В шанс-теории вводятся понятия шанс-меры (меры смешанной неопределенности), неопределенно-случайной величины, шанс-распределения, ожидаемого значения неопределенно-случайной величины, неопределенно-случайного программирования. В [1] предложена модель неопределенно-случайного программирования с использованием в качестве детерминированного дубликата ожидаемого значения целевой функции со смешанной неопределенностью, которая является неопределенно-случайной величиной. При моделировании ограничений с использованием шанс-меры выполнение ограничений требуется лишь «в среднем», а именно с гарантированной средней степенью уверенности, и не учитывается риск невыполнения ограничений. Предлагается дубликат ограничений, учитывающий риск невыполнения ограничений.

Пусть $\bar{x}$ – вектор проектируемых параметров, $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m$ – независимые случайные величины с функциями распределения $\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_m$, и $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n$ – независимые неопределенные величины с функциями распределения $Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$. Тогда целевая функция $f(\bar{x}, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m, \tau_1, \tau_2, , \ldots, \tau_n)$ и функция ограничений $g(\bar{x}, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m, \tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n)$ – неопределенно-случайные величины.

Задача неопределенно-случайного программирования имеет вид [1]:

$$\min_x E[f(\bar{x}, \eta_1, \ldots \eta_m, \tau_1, \ldots, \tau_n)], \text{ при условии } Ch\{g(\bar{x}, \eta_1, \ldots \eta_m, \tau_1, \ldots, \tau_n) \le 0\} \ge \alpha, \ 0 \le \alpha \le 1,$$

где $E[f(\bar{x}, \eta_1, \ldots \eta_m, \tau_1, \ldots, \tau_n)]$ – ожидаемое значение неопределенно-случайной величины $f(\bar{x}, \eta_1, \ldots \eta_m, \tau_1, \ldots, \tau_n)$.

Так как шанс-мера – это математическое ожидание степени уверенности M [1], сформулированное ограничение означает, что $M(g(\bar{x}, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m, \tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n) \le 0)$ может быть меньше α, т.е. допустимо выполнение ограничения с меньшей, чем α, степенью уверенности и явно не задается, с какой вероятностью это допустимо. В задачах оптимального управления и проектирования летательных аппаратов недопустим такой неопределенный риск. Предлагается в качестве ограничения использовать дубликат вида:

$P(M(g(\bar{x}, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m, \tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n) \le 0) \ge \alpha) \ge \beta$,

где α и β задаются проектировщиком. В этом случае требуется, чтобы степень уверенности выполнения ограничения, меньшая α, осуществлялась с вероятностью, не большей 1-β.

Тогда оптимизационная модель с ограничениями в условиях параметрической смешанной неопределенности имеет вид: $\min_x E[f(\bar{x}, \eta_1, \ldots \eta_m, \tau_1, \ldots, \tau_n)]$, при условии: P(M(g($\bar{x}$, η1, η2, … , ηm, τ1, τ2, …, τn) ≤0) ≥α) ≥ β.

Используем теорию неопределенности для получения аналитических выражений в предложенной модели оптимизации. Тогда если $f(\bar{x}, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m, \tau_1, \ldots, \tau_k, \tau_{k+1}, \ldots, \tau_n)$ – непрерывная строго возрастающая функция относительно $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_k$ и строго убывающая функция относительно $\tau_{k+1}, \ldots, \tau_n$, и $g(\bar{x}, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m, \tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_r, \tau_{r+1}, \ldots, \tau_n)$ – непрерывная строго возрастающая функция относительно $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_r$ и непрерывная строго убывающая функция относительно $\tau_{r+1}, \ldots, \tau_n$, тогда предложенная оптимизационная модель имеет вид:

$$min(max)\int_{R^m}\int_0^1 f(\bar{x}, \eta_1, \ldots, \eta_m, \Phi_1^{-1}(\alpha), \ldots, \Phi_k^{-1}(\alpha), \Phi_{k+1}^{-1}(1-\alpha), \ldots, \Phi_n^{-1}(1-\alpha)) d\alpha d Y_1 \ldots d Y_m,$$ при условии

$$P(g(\bar{x}, \eta_1, \ldots, \eta_m, \Phi_1^{-1}(\alpha), \ldots, \Phi_r^{-1}(\alpha), \Phi_{r+1}^{-1}(1-\alpha), \ldots, \Phi_n^{-1}(1-\alpha)) \le 0) \ge \beta.$$

На основе методики расчета весовой сводки летательного аппарата (ЛА) [2] с использованием предложенной модели формализована и решена задача расчета весовых параметров пассажирского ЛА как двухкритериальная оптимизационная задача с ограничениями в условиях смешанной неопределенности. Построение выражений для расчета целевых функций выполняется на основе шанс-теории, а их вычисление и проверка ограничений – на основе статистического моделирования. В результате оптимизационных расчетов с использованием многокритериального генетического алгоритма получен Парето-фронт, который позволяет ЛПР найти компромисс между взлетной массой и массой топлива с учетом ограничений на посадочную массу ЛА.

Литература

1. *Liu B.* Uncertainty Theory: A Branch of Mathematics for Modeling Human Uncertainty, Springer-Verlag, Berlin, 2010.
2. *Колоколова Л.Г.* Метод обобщенных моделей свойств самолета для этапа раннего проектирования // Техника воздушного флота. 1995. № 5-6.

СТРУКТУРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Вигура А.Н., Горбатовский В.В., Ломакина Л.С.

ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Россия, г. Нижний Новгород ул. Минина д.24

anton.vigura@gmail.com, vladarc@gmail.ru, llomakina@list.ru

Аннотация: Приведен аналитический обзор подходов к верификации и актуальных проблем тестирования программного обеспечения. Рассмотрены основные трудности, возникающие при структурном тестировании современных программных систем, его автоматизации, а также пути их решения.

Ключевые слова: структурное тестирование, автоматизация тестирования, полнота тестирования, генерация тестов.

Введение

Быстрое развитие информационных технологий в настоящее время ставит новые вызовы перед разработчиками технических и программных систем в плане обеспечения достаточного уровня их качества. В настоящем обзоре приведены существующие проблемы, встающие перед верификацией и управлением качеством программного обеспечения, и возможные пути их решения.

1 Подходы к верификации ПО

Можно определить верификацию программного обеспечения как деятельность, направленную на определение соответствия требований к программному обеспечению их реализации, а также соответствие процесса разработки принятым правилам и стандартам. Существует несколько классов

методов верификации: экспертиза (чтение и анализ кода, аудит, анализ архитектуры и т. п.), статический анализ, формальные методы (доказательство корректности, проверка моделей и т.п.) динамические методы верификации (мониторинг, тестирование), синтетические методы [1]. В большинстве случаев применяются совместно методы экспертизы (code review), статический анализ, мониторинг и тестирование. В настоящем обзоре рассматриваются именно методы тестирования, их актуальные проблемы и возможные пути решения.

Вообще, тестирование — это анализ поведения программной системы на входных данных из некоторого набора тестов. Существуют различные критерии выбора множества тестовых воздействий. Функциональные критерии не используют информацию о внутренней структуре программы; тесты выбираются, исходя из требований на программный продукт. В этом случае программа предстает в виде черного ящика, поэтому такого рода тестирование называют также тестированием «черного ящика». Структурные критерии, напротив, предполагают выбор тестов на основе структуры программы (тестирование «белого ящика»). Функциональные и структурные критерии дополняют друг друга и на практике обычно используются совместно.

2 Актуальные проблемы тестирования ПО

В зависимости от предназначения программной системы, а также принятой методологии разработки могут выявляться разные нюансы проведения тестирования. Приведем далее некоторые актуальные проблемы, встающие перед верификацией ПО, и предполагаемые пути их решения.

2.1 Проблемы требований

В большинстве случаев (исключая разработку программных систем с повышенными требованиями к качеству в ответственных отраслях) требования к программной системе могут выставляться нечетко. Более всего это характерно для функциональных требований — например, при применении гибких методологий разработки ПО (Agile) требования могут формулироваться в виде пользовательских историй, представляющих собой верхнеуровневое описание функциональности и набор т. н. приемочных тестов. Отказ от формализма здесь сознательный — требования пишутся таким образом, чтобы их можно было без дополнительных проблем согласовать с заказчиками и разработчиками. Однако при выполнении тестирования это может приводить к неоднозначности трактовок [2], кроме того, перейти от нечетких требований к автоматической генерации и проверке тестов весьма непросто — нужно в какой-то момент выполнять их формализацию.

Гибкие методологии разработки ПО предполагают также, что требования могут изменяться в ходе разработки системы. С учетом их возможной нечеткости появляется проблема с определением множества уже созданных тестов, которые нужно обновить с учетом новых требований. Это касается как функциональных, так и структурных (например, модульных) тестов. Здесь встает вопрос — какую стратегию обновления тестов выбрать. Для структурных тестов известно, какие конкретно программные модули они покрывают, но в общем неизвестно, какой функционал они затрагивают.

Возможное решение здесь следующее. Предположим, что в процессе разработки используется непрерывная интеграция — тесты выполняются на периодической основе. При этом для всех тестов производится определение тестового покрытия. В дальнейшем при изменении функциональных требований определяется множество затронутых функциональных тестов, а исходя из пересечения тестовых покрытий можно определить и затронутые структурные тесты.

2.2 Как оценить тестовое покрытие на программной системе, передаваемой во внедрение?

Как уже было отмечено в предыдущем пункте, даже для функциональных тестов информация о протестированных участках кода полезна. Практическая проблема здесь одна — каким образом определить тестовое покрытие на той самой системе, которая тестируется и которая потом будет передаваться во внедрение. Существуют следующие варианты:

- Определение покрытия с помощью статистического профилировщика (perf и т. п.). Не все покрытие может быть выявлено таким образом, а реальная точность определения покрытия сильно зависит от тестовой нагрузки.
- Определение покрытия с помощью динамического инструментирования (Valgrind, Paradyn и т.п.). Строго говоря, это интрузивный метод, который представляет собой модификацию программой системы во время выполнения. Как следствие, данный метод влияет на характеристики работы системы, на ее соответствие нефункциональным требованиям.

Приведенные подходы либо дают неточный результат, либо могут изменять поведение тестируемой системы.

2.3 Графовые модели не отражают всех вариантов передачи управления

«Классический» управляющий граф отражает передачу управления в программе между ее элементами. Он может быть построен с помощью разбора исходного текста либо машинного кода. Тем не менее, возможны такие варианты передачи управления, выявить которые проблематично:

- любой доступ к памяти может вызвать аварийное завершение программы;
- в современных языках программирования предусмотрен механизм обработки исключений, предполагающий возможность передачи управления в вызывающую подпрограмму.

Таким образом, в управляющем графе каждую вершину формально можно рассматривать как ветвление. Проблема в том, что если делать именно так, то проблематично будет в общем случае такой граф покрыть тестами хотя бы наполовину. Есть исследования по этому направлению, но проблема далека от решения [3].

2.4 Графовые модели и метапрограммирование

Если язык программирования поддерживает метапрограммирование, один и тот же исходный текст может порождать совершенно разный машинный код. Типичный пример — стандартная библиотека шаблонов C++ и анонимные функции в этом же языке. При тестировании шаблонного кода возникают следующие вопросы:

- Какую именно реализацию шаблонного кода проверять в модульных тестах?
- Как моделировать вызов анонимной функции?

Обойти эту проблему позволяет анализ программной системы на уровне машинного кода, но на этом уровне теряется информация о высокоуровневых сущностях и структурах данных, обрабатываемых системой.

2.5 Автоматизация выбора тестовых наборов

Одной из основных проблем структурного тестирования является проблема выбора конкретных тестов таким образом, чтобы максимизировать критерий полноты тестирования (например, покрытие кода). Для современного ПО в силу его сложности возможны варианты, когда тесты для полного покрытия проблематично выбрать даже вручную. Однако с учетом растущих темпов разработки в настоящее время нужно сводить время тестирования к минимуму при сохранении его полноты.

Задача выбора тестовых наборов может решаться по-разному:

- Случайное тестирование. В общем случае не может гарантировать удовлетворительную полноту тестирования, но позволяет в ряде случаев выявить нарушение нефункциональных требований (например, требований надежности).
- Символьное выполнение. Для путей в управляющем графе определяется условия их прохождения, исходя из которых подбираются тесты. Проблема в том, что если программа выполняет сложную обработку данных, от полученных условий практически невозможно будет перейти к конкретным данным.

Возможное решение здесь — комбинирование подходов. Тесты могут выбираться динамически на основании информации о тестовом покрытии и состоянии условий ветвлений при предыдущем тестовом прогоне (динамическое символьное выполнение [4]). Еще один вариант — использование технологий машинного обучения — при этом на основании информации о соответствии входных данных и ветвлений, собранных при предыдущем тестовом прогоне, можно делать вывод о классах входных данных и генерировать новые данные.

2.6 Генерирование сложных тестовых данных

Зачастую входные данные тестируемой программной системы имеют сложную структуру. Например, они представляют собой текст на некотором языке, удовлетворяющий некоторой выводящей грамматике.

Генерирование тестовых данных здесь имеет свои особенности:

- Текст имеет переменную длину;
- Среди всех возможных текстов на заданном алфавите доля корректных (соответствующих грамматике) может быть малой. Это практически исключает случайное тестирование.
- Программная система может обрабатывать текст потоком (по частям), при этом временные интервалы между отдельными фрагментами текста могут влиять на поведение системы.

В настоящее время для тестирования систем, обрабатывающих данные такого рода, используются либо шаблонные данные, либо генераторы данных, написанные под конкретный язык. Автоматизация здесь возможна с помощью применения технологий синтеза текстов.

2.7 Автоматизация проверки корректности

Даже если тестовые наборы выбраны, остается проблема проверки корректности работы программы — проблема синтеза тестовых оракулов. Обычно оракулы создаются вручную, однако в условиях постоянного обновления тестов при ручном создании оракулов можно допустить ошибку и здесь. В настоящее время выполняются исследования в этой области [5], но проблема пока далека от полного решения.

Заключение

Постоянное развитие технологий и меняющиеся требования к ПО ставят новые вызовы перед верификацией ПО. Должна обеспечиваться не только полнота тестирования, но также возможность своевременного обновления тестов под новые требования – она достигается применением автоматизации структурного тестирования. В данном обзоре рассмотрены связанные с этим проблемы, и возможные пути решения требуют применения методов из смежных дисциплин, таких, как методы теории компиляции, методы машинного обучения, методы синтеза текстовых структур.

Литература

1. Кулямин, В.В. Методы верификации программного обеспечения / Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению "Информационно-телекоммуникационные системы", 2008. - 117 с;

2. Bik, Niels & Lucassen, Garm & Brinkkemper, Sjaak. (2017). A Reference Method for User Story Requirements in Agile Systems Development // 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW). P.292-298.

3. Jo, J.W., Chang, B.M. Constructing control flow graph for java by decoupling exception flow from normal flow. In: ICCSA (1). pp. 106–113 (2004).

4. A.Yu. Gerasimov, S.S. Sargsyan, S.Sh. Kurmangaleev, J.A. Hakobyan, S.A. Asryan, M.K. Ermakov Combining dynamic symbolic execution, code static analysis and fuzzing. Proceedings of the Institute for System Programming, vol. 30, issue 6, 2018, pp. 25-38. DOI: 10.15514/ISPRAS-2018-30(6)-2.

5. Hai-Feng Guo. A semantic approach for automated test oracle generation // Computer Languages, Systems & Structures. Vol 45, April 2016, P. 204-219.

КРУПНОМАСШТАБНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Выхованец В.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
valery@vykhovanets.ru

Аннотация: Рассматриваются информационные системы с понятийными моделями предметной области. Понятийная модель состоит из понятийной структуры и описания содержания входящих в нее понятий. Понятийная структура определена как множество понятий, на которых заданы отображения обобщения и ассоциации. Показано, что благодаря семантической инвариантности используемого формализма улучшаются характеристики информационных систем, в частности, их масштабируемость.

Ключевые слова: информационная система, понятийная модель, понятийная структура, абстракции понятий, представление знаний, вывод на знаниях.

Введение

Все большую роль начинает приобретать концептуальное моделирование как направление в информационной технологии, с помощью которого строятся и встраиваются в информационные системы концептуальные модели предметных областей [1]. Основная цель концептуального моделирования – формализация накопленных знаний о некоторой предметной области в форме, наиболее близкой пониманию пользователей и разработчиков информационной системы. С концептуальным подходом связывают ожидания эффективного описания сложных предметных областей, повышения надежности и качества информационных систем, ускорения актуализации данных вслед за изменением в предметной области, обеспечения многократного использования моделей различных областей знания и т.п. [2].

Настоящая работа посвящена описанию одного из видов концептуальных моделей – понятийных моделей. Понятийные модели предметной области определяются на основе понятийной структуры, которая определена как множество понятий, на которых заданы способы их образования в виде

отображений обобщения и ассоциации одних понятий в другие [3]. Это позволяет повысить уровень абстракции модели и улучшить характеристики информационных систем с понятийными моделями.

1 Понятие

Полагается, что понятия образуются (определяются) при абстрагировании. При этом формируются четыре вида понятий: элементарные, простые, конкретные и абстрактные.

При образовании элементарных понятий (понятий-значений, понятий-знаков) абстрагирование проявляется в способности мысленного выделения в предметной области уникальных представлений и присвоения им имен (замена представления знаком, отождествление).

При образовании простых понятий (понятий-признаков) абстрагирование проявляется как некоторое сознательное неведение, позволяющее сосредоточиться на одной стороне множества элементарных понятий и игнорировать другие их стороны. Простым понятиям присваивается уникальное имя, мыслимое как элементарное понятие, и задается область допустимых проявлений (значений), мыслимая как множество элементарных понятий, схожих в некотором смысле.

Конкретные понятия (единичные понятия, понятия-сущности) образуются путем выделения у элементарных понятий не одного, нескольких признаков, позволяющими отличать это понятие от других таких понятий. Выделяемые при этом признаки мыслятся как простые понятия, из которых состоит конкретно понятие.

При образовании абстрактных понятий используются формы абстрагирования, основанные на установлении между понятиями отношений дифференциации (абстракция обобщения) и интеграции (абстракция ассоциации).

При ассоциации порождение нового понятия происходит путем соединения ассоциируемых понятий (понятий-атрибутов). Так образуются конкретные понятия путем соединения понятий-признаков.

При обобщении происходит порождение нового понятия путем объединения обобщаемых понятий, когда новое понятие соединяет все или часть общих атрибутов исходных понятий. Так образуются простые понятия путем объединения элементарных понятий.

2 Понятийная структура

Понятийная структура создается в процессе понятийного анализа предметной области. Используемые при этом абстракции отождествления, ассоциации и обобщения рассматриваются как умственные операции, необходимые и достаточные для мысленного выделения и превращения в отдельные понятия тех представлений, которые накоплены относительно описываемой предметной области.

В понятийной структуре задаются имена понятий, способы их абстрагирования и множества атрибутов, на которых понятия определены.

Любое понятие само является понятием с минимальным набором следующих атрибутов: «Имя» – идентификатор понятия (знак), «Аспект» – идентификатор области интерпретации, контекст (тоже знак, который совместно с признаком «Имя» образует уникальный идентификатор), «Абстракция» – способ образования понятия, где понятие «Абстракция» – единственное предопределенное понятие-признак, состоящее из таких элементарных понятий как «Значение», «Признак», «Ассоциация», «Обобщение». Другие атрибуты понятий определяются по результатам анализа предметной области, который осуществляется в одном или нескольких аспектах.

В итоге, понятийная структура – это множество упорядоченных множеств имен понятий (схем понятий), каждое из которых задает перечисление атрибутов, на которых понятия определены. Первые три элемента этого перечисления – общие для все понятий атрибуты «Имя», «Аспект» и «Абстракция».

3 Понятийная модель

Понятийная модель состоит из понятийной структуры и описания интенсионалов понятий с помощью разного перечисляющих или разрешающих процедур, где интенсионал понятия – это множество принадлежащих ему понятий-сущностей.

Сущности элементарных понятий представляются знаками из некоторого их набора, а сущности простых понятия описываются как перечислимые или разрешимые множества элементарных понятий.

В информационных системах элементарных понятия кодируются значениями простых типов данных, а сами простые типы данных являются встроенными простыми понятиями.

Сущности абстрактных понятий представляются в виде упорядоченных множеств понятий-атрибутов, последовательность перечисления которых задана последовательностью понятий-атрибутов в схеме понятия.

В информационных системах разрешающие процедуры используются, как правило, для описания простых понятий. Сущности абстрактных понятий обычно перечисляются в таблицах, столбцы которых соответствуют атрибутам, строки – сущностям определяемых понятий, а поля строк – сущностям понятий-атрибутов. Для представления понятия-обобщения может использоваться виртуальная таблица, формируемая с помощью запроса, собирающего строки из таблиц обобщаемых понятий с заданным списком общих атрибутов.

Следует обратить внимание на то, что понятийная модель состоит только из понятий: понятий-значений, понятий-признаков, понятий-сущностей, понятий-обобщений и понятий-ассоциаций. Причем для уникальной идентификации любого понятия достаточно его имени и, возможно, аспекта. Имя понятия без указания аспекта определяет понятие-обобщение (собирательное понятие), объединяющее все конкретизации этого понятия в предметной области.

4 Операции над понятиями

Семантически инвариантной (не зависящей от предметной области) формой описания решений прикладных задач над понятийными моделями являются процедуры (алгоритмы), состоящие трех элементарных операций: создание, изменение и удаление понятий.

Операция создания понятия возникает при усложнении понятийной модели и состоит в задании имени и аспекта нового понятия, способа его абстрагирования и списка понятий-атрибутов.

Операция изменения понятия используется при необходимости наполнить понятие конкретным предметным содержанием. В этом случае возможны три действия: редактирование существующей сущности, удаление существующей сущности и добавление новой сущности в интенсионал понятия.

Операция удаления понятия возникает в случае реинжиниринга понятийной модели и состоит в изменении описания всех понятий, в определения которых входит удаляемое понятие.

5 Представление и обработка знаний

Любая обработка знаний подразумевает наличие форм представления знаний и методов манипулирования ими с целью имитации рассуждений человека. Обычно для представления знаний используются факты (суждения) о некоторой предметной области, а для обработки знаний – правила вывода, позволяющие на основе имеющихся фактов выполнять умозаключения и получать новые утверждения (факты) об имеющихся или вновь вводимых фактах.

Факты (суждения) и утверждения являются истинными высказываниями с логическим связками «И», «ИЛИ», «НЕ», в которых используются два типа предикатов: одноместные предикаты принадлежности сущности E понятию N вида $N(E)$, а также отношения вида $P[E] \bullet V$, где $P[E]$ – функтор, возвращающий сущность понятия-атрибута P у сущности E, $\bullet$ – знак отношения, допустимого между сущностями $P[E]$ и V («равно», «больше», «меньше», и т.п.).

Универсальным является отношение равенства сущностей, которое определяется рекурсивно: две сущности равны, если и только если наборы значений атрибутов этих сущностей поэлементно равны. В свою очередь сущность принадлежит понятию, если и только если набор значений атрибутов этой сущности принадлежит интенсионалу понятия (встречается в виде строки в таблице соответствующего понятия).

Любое умозаключение может быть определено как переход от одного или нескольких суждений, составляющих посылку умозаключения, к новому суждению (утверждению) – следствию умозаключения. Правила построения умозаключений задаются правилами вывода, принимаемыми в предметной области в качестве общезначимых, т.е. порождающих истинные утверждения при всех возможных посылках.

В понятийной модели правила построения умозаключений задаются правилами вывода, формализованными в понятийной структуре, а сама понятийная структура рассматривается как формальная теория, которая сохраняет истинность всех выводимых в ней следствий. В этом случае

$$C_j^G(C) \leftrightarrow \vee_{\forall C_i \in C_j^G} C_i(C), \quad C_k^A(C) \rightarrow \wedge_{\forall C_i \in C_k^A} C_i(C_i[C]),$$

где C – некоторое понятие предметной области, C_j^G (C_k^A) – понятия-обобщения (понятия-ассоциации), $j, k = 1, 2, \ldots$, C_i – атрибут понятия, $C_i(C)$ – предикат принадлежности понятия C понятию C_i, $C_i[C]$ – функтор извлечения атрибута C_i у понятия C, $\leftrightarrow$ ($\rightarrow$) – логическая связка двухстороннего (одностороннего) следования, $\vee$ ($\wedge$) – логическая связка «ИЛИ» («И»), $\forall$ – квантор всеобщности, $\in$ – знак принадлежности атрибута понятия схеме понятия.

Следует заметить, что информационная система с понятийной моделью реализует модель открытого мира, так как в процессе ее функционирования нарушается монотонность вывода.

6 Заключение

Модели предметной области названы понятийными, чтобы отличать их от концептуальных моделей. В концептуальных моделях задаются понятия (концепты) и разного рода связи (отношения) между ними, являющиеся первичными семантическими единицами модели.

В понятийных моделях связи между понятиями сами являются понятиями, а модель строится на основе выявления и описания абстракций, послуживших образованию понятий. Отказ от описания ассоциаций в виде связей с различной семантической нагрузкой делает понятийную структуру семантически инвариантной (не зависящей по форме от предметных областей). Таким образом, коренное отличие рассмотренного подхода заключается в использовании помимо логики, еще одного семантического инварианта – правил образования и выражения понятий.

Предметная семантика полностью задается понятийной моделью, а понятийная структура определяют структурированность описаний интенсионалов понятий. В этом случае не требуется задавать логические высказывания (формулы, функции), характеризующие понятия и являющиеся правилами вывода. Все, что необходимо для вывода на знаниях, содержится в понятийной модели.

Достоинствами информационных систем с понятийным моделированием предметной области являются их семантическая инвариантность, которая позволяет масштабировать информационную систему на различные предметные области, создавая при этом крупномасштабные информационные системы. Основная трудность использования понятийных моделей – это необходимость освоения новой методологии и технологии представления и манипулирования знаниями.

Литература

1. *Когаловский М.З., Калиниченко Л.А.* Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // Программирование. Т. 35, № 5. 2009. С. 3–25.
2. Conceptual Modeling: Foundations and Applications / Borgida A.T., Chaudhri V.K., Giorgini P., et al. Springer-Verlag, 2009. 527 p.
3. *Выхованец В.С.* Информационная система с понятийной моделью предметной области // Управление большими системами. Вып. 66. 2017. С. 25-67.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА ВВОДА ДАННЫХ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Волчков Д.В.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
Россия, г. Москва, Миусская пл., д.4
vol@keldysh.ru

Аннотация: В работе рассматривается реализация интерфейса ввода данных для крупной системы многокритериального анализа. Интерфейс предназначен для построения моделей на основе иерархических графов или когнитивных карт. Распределенность ввода обеспечивается путем предоставления каждому эксперту возможности работать с сегментом модели, соответствующем его области знаний.

Ключевые слова: распределенные информационный системы, многокритериальный анализ, графовые модели.

Введение

В настоящее время всё актуальнее становится задача моделирования функционирования сложных крупномасштабных систем. Объектами исследований могут выступать крупные предприятия, отрасли производства, экономики стран. В качестве целей моделирования можно выделить, например, прогнозирование значений ключевых показателей системы под воздействием изменяющихся внешних факторов или выявление внутренних факторов, на которые необходимо воздействовать, чтобы выйти на требуемые значения показателей.

Для моделирования подобных сложных процессов применяются системы многокритериального анализа. Данный класс систем отличается рядом специфических особенностей:

- сложность и высокая степени детализации анализируемых в системе моделей требует ввода данных о большом количестве элементов;
- для удобства отображения модели и распараллеливания работы с ней в системах применяется декомпозиции элементов на основании иерархической структуры глоссария;

- для расчета многочисленных параметров моделей применяется большое количество алгоритмов, в программной реализации которых используются разнообразные платформы и языки программирования;
- ввод данных сложных моделей предполагает привлечение большого количества экспертов в самых различных областях знаний;
- разграничение прав доступа к данным системы, в соответствии с которым каждый эксперт может работать только с сегментом модели, который соответствует его области знаний;
- география местонахождения многих экспертов не ограничивается пределами города или даже страны;
- возможность загрузки данных для элементов модели из сторонних информационных систем или структурированных файлов.

Ввиду взятого в последние годы курса на импортозамещение, важными требованиями, которым должна отвечать система, являются наличие российского разработчика и использование для реализации программного комплекса свободно распространяемых средств разработки.

Цель данной работы – спроектировать и реализовать интерфейс ввода данных для распределенной системы многокритериального анализа, отвечающий выше указанным особенностям. Интерфейс должен быть эргономичным, а также учитывать технологию и особенности построения моделей [1].

1 Проектирование к интерфейса ввода данных модели

Наиболее подходящим решением для реализации распределенной системы многокритериального анализа является web-приложение, основанное на трехуровневой архитектуре (рис. 1). Данный вид архитектуры позволяет разделить уровни представления данных, обмена данными и обработки действий пользователя на три отдельных компонента. Это позволяет строить объектную модель данных независимо от их визуального представления, а также создать несколько различных представлений для одной модели. Таким образом, реализация системы является гибкой к изменениям функциональности и интерфейсов ввода данных, что существенно ускоряет ее разработку и облегчает ее сопровождение [2].



Рис. 1. Общая схема архитектуры системы многокритериального анализа

Согласно представленной архитектуре, на сервере баз данных хранятся все данные моделей, справочники и глоссарий объектов, используемых для построения моделей. На сервере приложений размещается web-сервер и программы расчета параметров моделей. Программы математического аппарата могут быть реализованы на C++, Python, Ruby и других свободно распространяемых платформах. Программы расчета могут быть вызваны со стороны клиента в автоматическим или ручном режиме независимо от их технической реализации. Для этого в составе web-сервера должны быть настроены необходимые компоненты. Помимо интерфейса ввода данных на клиентской стороне расположены интерфейсы просмотра и навигации. Ведение справочника и глоссария объектов осуществляется посредством служебных интерфейсов.

Таким образом, интерфейс ввода данных должен выполнять следующие функции:

- добавление объектов из глоссария, а также обеспечение выполнения базовых операций с ними – перемещение, удаление, объединение в группы;
- ввод данных объекта на основании шаблона, соответствующего его типу;
- сохранение данных моделей в базе системы;
- проверка прав доступа пользователя на работу с запрашиваемым сегментом модели.

Интерфейс также может быть дополнен функционалом загрузки данных для элементов модели из сторонних информационных систем или структурированных файлов посредством соответствующего адаптера.

2 Реализация пользовательского интерфейса

Для осуществления ввода данных моделей в систему многокритериального анализа разработан web-интерфейс, реализованный на основе свободно распространяемой платформы Cytoscape. В базовой версии библиотеки Cytoscape поддерживаются основные возможности для визуализации и редактирования графовых моделей – добавление, перемещение, удаление вершин и связей, объединение вершин в группы, отображение всплывающих блочных элементов.

После авторизации в системе пользователю предоставляются права работы с сегментами модели, соответствующими его области знаний. Для удобства отображения модели, а также в целях оптимизации нагрузки на канал связи [3,4], реализованы механизмы декомпозиции иерархических объектов и возможность работы с элементами объекта в отдельной экранной форме.

При построении модели могут использоваться элементы различных типов. Типы элементов и их наборы свойств определены в глоссарии объектов. Свойство элемента может быть представлено как простым типом данных (строка, число, дата и др.), так и специфичным – формулой, подпрограммой или другим объектом. Для каждого типа элемента модели разработаны и реализованы формы ввода данных свойств.

На рис. 2 представлена реализация интерфейса ввода данных связи «Критерии-Альтернативы».

В данном примере связь описывается набором отношений критериев. Для каждой альтернативы выбираются все возможные парные отношения критериев. Для каждой пары критериев с помощью ползунка устанавливается значение их отношения (т.е. во сколько раз для данной альтернативы один критерий имеет большее значение, чем другой).

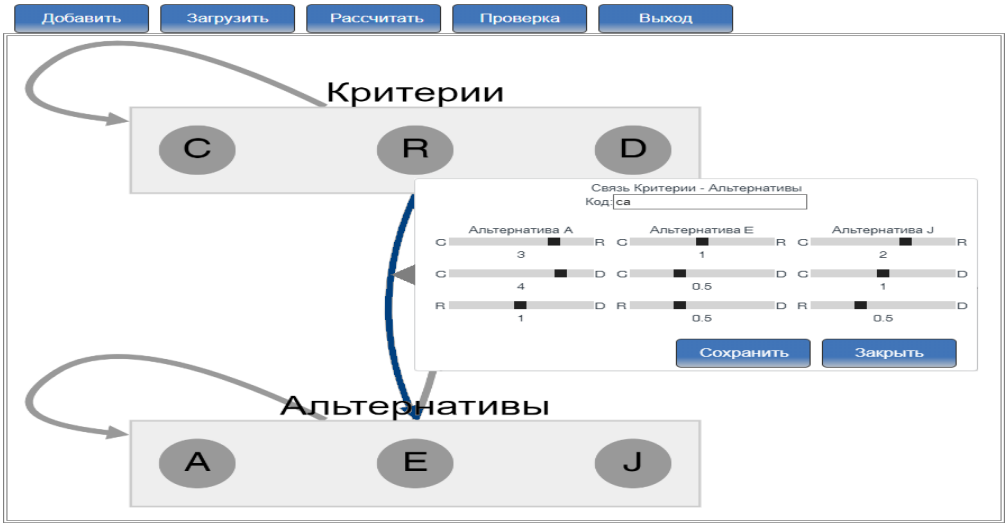


Рис. 2. Интерфейс ввода данных связи «Критерии-Альтернативы»

После ввода и сохранения значений свойств всех элементов графа (или его сегмента) данные могут быть переданы на сервер приложений для осуществления расчетов параметров модели и последующей визуализации результатов на стороне клиента.

Заключение

В результате работы разработан интерфейс ввода данных для распределенной системы многокритериального анализа. Предложенный интерфейс может быть использован для построения иерархических графовых моделей, а также моделей на основе когнитивных карт. Распределенность ввода данных обеспечивается путем предоставления каждому эксперту возможности работать с сегментом модели, соответствующего его области знаний. Представленный интерфейс легко

масштабируется и может видоизменяться в зависимости от типа описываемого элемента модели. В дополнение к интерфейсу ввода данных предполагается разработать режимы навигации и ведения глоссария объектов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-07-00833А и № 18-29-03085 мк.

Литература

1. Баканов А.С., Волчков Д.В., Баканова Н.Б. Модель взаимодействия человека с интеллектуальной информационной системой. Журнал «Электросвязь», 2015 г., № 4, С. 54-57.

2. Волчков Д.В., Леонов А.Ю. Разработка системы сбора данных для автоматизированного планирования контрольных мероприятий. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009): Материалы Третьей международной конференции (5-7 октября 2009 г., Москва, Россия). Том II. М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009.

3. Волчков Д.В., Сурпин В.П. Расчет, анализ и прогнозирование изменения основных параметров корпоративной сети для распределенной информационной системы документального обеспечения управления. Информационные технологии и системы (ИТиС'11): сборник трудов конференции.– М.: ИППИ РАН, 2011.

4. Волчков Д.В. Проектирование и расчет модели распределенной СДОУ // (Proceedings of an International Workshop) Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications (DCCN-2011), Moscow: R&D Company "Information and Networking Technologies", 2011. – 193p. – c.117-121.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ СВЯЗЕЙ ПО ОЦЕНКАМ НАБЛЮДАЕМЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Гусев В.Б.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
г. Москва, ул. Профсоюзная 65, Россия
gusvbr@ipu.ru

Аннотация: Разработан метод расчета оценок первичных связей по оценкам наблюдений в многофакторной системе взаимодействий. Экспертные данные формализованы с помощью схемы взаимодействий, использующей линейные операции. Предложен метод расчета матрицы полных влияний на основе наблюдаемых данных. Приведен пример расчета коэффициентов полного взаимного влияния факторов и оценок косвенного влияния, что позволило получить качественную оценку системного воздействия для примера экспертной модели автономного развития экономической системы.

Ключевые слова. Оценки первичных связей, коэффициенты полного взаимного влияния факторов, косвенные влияния, экспертная модель.

Начальный анализ взаимовлияния факторов в многофакторной системе заключается в исследовании парных взаимодействий [1, 2]. Из всех пар на множестве рассматриваемых факторов выделяются пары, для которых можно представить механизм прямого взаимодействия типа «причина – следствие». Это так называемые «примитивные» взаимодействия. Косвенные влияния на этом этапе отсеиваются. Топология связей определяется на основании представлений эксперта об исследуемых процессах. Структура примитивных связей и значения коэффициентов связи уточняются в процессе верификации модели.

Причины проявления наблюдаемых системных (прямых и косвенных) эффектов определяются непосредственными (примитивными) влияниями одних факторов на другие. Схема взаимодействий факторов для наблюдаемой системы может быть представлена с помощью матрицы оценок влияния. Процедура принятия решений включает получение оценок взаимного влияния факторов и сопоставление полученного результата прогноза с оценкой целевого состояния. Выработка решения основана на использовании в качестве управляющих величин примитивных воздействий на целевое состояние в требуемом направлении.

Пусть рассматриваемым факторам могут быть приписаны численные значения показателей состояния x_i. Схема примитивных взаимодействий факторов представляется экспертной матрицей $\mathbf{A}$. Коэффициенты a_{ij} этой матрицы означают оценку первичного прироста фактора i, вызванного единичным приращением фактора j. Прирост фактора определяется непосредственным действием финансовых механизмов. Оценка взаимодействия представляется в относительных единицах или в балльной шкале, в зависимости от применяемой процедуры рефлексии. Значения коэффициентов a_{ij}

матрицы $\mathbf{A}$, назначаемые экспертным способом, находятся в интервале $[-a_{\max}, a_{\max}]$. Знаки коэффициентов определяются характером влияния – положительным или отрицательным.

Для линейной процедуры оценивания результатов взаимного влияния факторов – зависимости между показателями состояния факторов могут быть представлены линейными функциями. Для расчета оценки системного эффекта рассматривается результат приращений Δx_i показателей, характеризующих состояние рассматриваемого набора факторов $\mathbf{X}$. Вектор $\Delta\mathbf{y}$ – первичная реакция на приращение $\Delta\mathbf{x}$ вектора показателей представляется с помощью экспертно заданной матрицы $\mathbf{A}$ в виде: $\Delta\mathbf{y} = \mathbf{A}\Delta\mathbf{x}$.

Реакция на приращение $\Delta\mathbf{y}$ даст вторичную реакцию на приращение $\Delta\mathbf{x}$. Если процесс многократного рефлексивного отображения приращения $\Delta\mathbf{x}$ на себя приводит к устойчивому результату $\Delta\mathbf{s}$, будем его называть системной реакцией на первичное приращение $\Delta\mathbf{x}$ вектора показателей. Величина $\Delta\mathbf{s}$ в случае сходимости процесса рефлексий может быть рассчитана исходя из следующих соображений.

Системная реакция $\Delta\mathbf{s}(\Delta\mathbf{x})$ обладает устойчивостью по отношению к возмущениям (первичным приращениям $\Delta\mathbf{x}$), когда первичная реакция на приращение $\Delta\mathbf{x}$ не вызывает изменения этой системной реакции. То есть, при любом $\Delta\mathbf{x}$ справедливо равенство:

$$\Delta\mathbf{s} = \mathbf{A}(\Delta\mathbf{s} + \Delta\mathbf{x}),$$

определяющее системную реакцию $\Delta\mathbf{s}$ в ответ на приращение $\Delta\mathbf{x}$ вектора показателей. Отсюда $\Delta\mathbf{s} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}\Delta\mathbf{x} = \mathbf{B}\Delta\mathbf{x}$, где $\mathbf{B}$ представляет собой матрицу полных оценок влияний.

Таким образом, в рамках операций линейной алгебры, если матрица $\mathbf{E} - \mathbf{A}$ обратима, матрица полных оценок $\mathbf{B}$ вычисляется по формуле

$$\mathbf{B} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{A} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{E} - (\mathbf{E} - \mathbf{A})) = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} - \mathbf{E},$$

или при условии сходимости степенного ряда для матрицы $\mathbf{A}$ по формуле

$$\mathbf{B} = \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \ldots. \qquad (1)$$

Таким образом, матрица полных оценок $\mathbf{B}$ представляет собой транзитивное замыкание оценок примитивных влияний.

Рассмотрим обратную задачу восстановления оценок примитивных взаимодействий по оценкам полных взаимодействий. Обратная процедура поиска оценок примитивных взаимодействий, если матрица $\mathbf{E} + \mathbf{B}$ обратима, имеет вид: $\mathbf{A} = \mathbf{E} - (\mathbf{E} + \mathbf{B})^{-1}$,

а при условии сходимости степенного ряда для матрицы $(-\mathbf{B})$ имеем:

$$\mathbf{A} = \mathbf{B} - (-\mathbf{B})^2 - (-\mathbf{B})^3 \ldots. \qquad (2)$$

Этот процесс можно интерпретировать как последовательное вычитание из матрицы полных влияний $\mathbf{B}$ всех косвенных влияний. Сумма косвенных влияний, равная

$$\mathbf{B} - \mathbf{A} = \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \ldots = (-\mathbf{B})^2 + (-\mathbf{B})^3 \ldots, \qquad (3)$$

позволяет судить о системном эффекте взаимного влияния факторов.

Для линейных операций ряды (1) и (2) сходятся, если наименьшие собственные числа матриц в правой части меньше 1 по абсолютной величине (что коэффициенты матриц по модулю достаточно малы). Для того, чтобы обеспечить сходимость этих рядов достаточно разделить элементы соответствующих матриц на определенный коэффициент (например, оценку нормы $\|\mathbf{A}\|$ матрицы $\mathbf{A}$), а после вычисления суммы ряда умножить ее на этот коэффициент.

В качестве примера рассмотрим схему автономного развития экономической системы. Веса влияний приведены в 10-балльной системе.

Схема примитивных влияний для модели автономного развития экономической системы.

Импорт = 8(Оборотные средства) + 4(Разделение труда)

Оборотные средства = (-5)(Экономические риски) + 9(Экспорт)

Основные средства = 2(Оборотные средства) + (-3)(Техногенные риски)

Локализация управления = 5(Оборотные средства) + 6(Основные средства) + 4(Глобализация управления) + (-3)(Разделение труда)

НТП = 3(Оборотные средства) + 5(Локализация управления)

Техногенные риски = 3(Основные средства) + (-3)(Локализация управления) + (-5)(НТП)

Экономические риски = (-5)(Локализация управления) + (-5)(НТП) + 8(Техногенные риски) + (-5)(Эффект масштабирования)

Внешние интересы = 6(Импорт) + (-4)(Локализация управления) + 4(НТП) + 5(Экспорт) + 7(Эффект масштабирования)

Экспорт = 4(Внешние интересы) + 3(Разделение труда)

Глобализация управления = (-6)(Локализация управления) + 8(Внешние интересы)

Эффект масштабирования = (-5)(Локализация управления) + 5(Глобализация управления)

Разделение труда = (-3)(Локализация управления) + 7(Глобализация управления)

Этой схеме соответствует матрица $\mathbf{A}$. Матрица полных влияний $\mathbf{B}$, учитывающая все косвенные воздействия, может быть получена с помощью процесса (1). Она соответствует оценкам наблюдаемых взаимодействий факторов, что открывает возможность выявлять наиболее влиятельные, критические факторы в сложной системе наблюдаемых взаимодействий.. Элементы матрицы $\mathbf{A}$, полученной на основе анализа наблюдаемых взаимовлияний, можно интерпретировать как показатели первичного (примитивного) взаимовлияния соответствующих факторов. Эти влияния носят фундаментальный характер, что позволяет строить более точные количественные модели.

Матрица $\mathbf{B}-\mathbf{A}$, полученная с помощью процесса (3), с точностью до целых значений, дает оценки косвенного влияния факторов.

Схема косвенных влияний

Импорт = 1(НТП) + (-1)(Техногенные риски) + (-1)(Экономические риски) + 1(Внешние интересы) + 2(Экспорт) + 2(Глобализация управления) + 1(Эффект масштабирования)

Оборотные средства = 1(Оборотные средства) + 3(Локализация управления) + 4(НТП) + (-4)(Техногенные риски) + 2(Внешние интересы) + 1(Экспорт) + 1(Глобализация управления) + 3(Эффект масштабирования) + 1(Разделение труда)

Основные средства = 1(Локализация управления) + 1(НТП) + 1(Экспорт)

Локализация управления = 1(Оборотные средства) + 1(НТП) + (-2)(Техногенные риски) + (-1)(Экономические риски) + 1(Внешние интересы) + 2(Экспорт) + (-1)(Глобализация управления) + 1(Эффект масштабирования)

НТП = 1(Оборотные средства) + 1(Экспорт)

Техногенные риски = (-1)(Оборотные средства) + (-1)(Локализация управления)

Экономические риски = (-1)(Оборотные средства) + 1(Основные средства) + (-1)(Локализация управления) + (-2)(НТП) + (-1)(Глобализация управления)

Внешние интересы = 4(Оборотные средства) + (-1)(Основные средства) + (-2)(Локализация управления) + 1(НТП) + (-1)(Экономические риски) + 1(Внешние интересы) + 1(Экспорт) + 2(Глобализация управления) + 1(Эффект масштабирования) + 3(Разделение труда)

Экспорт = 1(Импорт) + 1(Оборотные средства) + (-2)(Локализация управления) + 1(НТП) + 1(Экспорт) + 1(Глобализация управления) + 1(Эффект масштабирования) + 1(Разделение труда)

Глобализация управления = 2(Импорт) + 1(Оборотные средства) + (-1)(Основные средства) + (-2)(Локализация управления) + 1(НТП) + 2(Экспорт) + 2(Эффект масштабирования) + 1(Разделение труда)

Эффект масштабирования = (-1)(Основные средства) + (-1)(Локализация управления) + 1(Внешние интересы)

Разделение труда = (-2)(Локализация управления) + 2(Внешние интересы) + 1(Эффект масштабирования)

Использование этой схемы позволяет определять цепочки влияний при верификации схемы первичных взаимодействий и при выборе управляющих воздействий.

Литература

1. Гусев В.Б. Принятие решений в сильносвязанных структурах взаимодействия факторов и следствий // Конгресс по интеллектуальным системам и технологиям «AIS-IT'10»: труды конгресса. Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2010. – Т. 1. – С. 124-130.

2. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Томас Л. Саати; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 360 с.
3. Гусев В.Б., Исаева Н.А. Метод рефлексивного оценивания взаимодействия факторов денежно-кредитной политики // Фундаментальные исследования. – 2013. – №10 часть 9. – С. 2005-2009.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРИМЕНИМОСТИ УПРЕЖДАЮЩЕЙ КРИТЕРИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Гучук В.В
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
polma@bk.ru

Аннотация: Рассматриваются вопросы использования механизма предотвращения возникновения нештатных и аварийных ситуаций в интерактивных системах мониторинга и управления сложными научно-техническими объектами. Приведен пример системы, в которой упреждающая критериальная адаптация была частично реализована, а именно системы испытания сложных объектов, характеризующейся потенциально быстротекущими процессами скатывания в нештатный или аварийный режимы с катастрофическими последствиями.

Ключевые слова: критерий, адаптация, динамические параметры, нештатная ситуация, интерактивный режим.

Введение

При создании высоконадежных интерактивных систем мониторинга и управления перспективными сложными научно-техническими объектами [1, 2] одной из важнейших задач является разработка и эффективная реализация механизмов предотвращения возникновения нештатных и аварийных ситуаций. В таких объектах время между явным проявлением скатывания управляемого объекта в нештатный режим и началом неуправляемого развития аварии часто бывает настолько мало, что ситуацию уже невозможно выправить никаким образом.

Одним из путей решения проблемы является своевременная перестройка системы управления, а именно упреждающая критериальная адаптация, предложенная автором в [3]. Упреждающая критериальная адаптация – это ситуационно-контекстная настройка системы управления для наиболее эффективного реагирования на возникающую ситуацию в управляемом объекте, включающая в себя актуализацию необходимых алгоритмов выхода из конкретной нештатной ситуации, освобождение системы прерывания для возможности оперативного реагирования на сигналы о развитии нештатной ситуации, корректировку пороговых значений определяющих параметров для более раннего обнаружения разладки и т.п. Процессы, протекающие в новых разрабатываемых научно-технических объектах, часто бывают не полностью изучены и не должным образом формализованы. Поэтому, помимо соответствующего конструирования алгоритмов управления, следует обеспечить полноценное участие человека-оператора в процессе управления. Гипотетически это позволит обнаружить тенденции ухода управляемых процессов от штатных режимов на самых ранних стадиях их проявления. Далее описываются особенности реализации упреждающей критериальной адаптации и приводится пример системы, в которой упреждающая критериальная адаптация была частично реализована.

Использование технологии упреждающей критериальной адаптации (ТУКА) - это попытка подойти наиболее подготовлено к возникающей ситуации в управляемом объекте. В арсенале технологии: - актуализация необходимых алгоритмов выхода из возможной нештатной ситуации, что требует дополнительной обработки данных в реальном и часто “жестком” времени; - освобождение системы прерываний от обработки поступающих данных, не актуальных для возникающей ситуации; - корректировка пороговых значений контрольных параметров для более раннего определения самого факта разладки в контексте текущей ситуации.

Упреждающая критериальная адаптация:

- позволяет выстроить адекватную для текущей ситуации систему приоритетов и ранжиров параметров и показателей, что исключает запуск неактуальных алгоритмов, могущих заблокировать на определенное время включение нужного алгоритма (важнейший фактор для работы сложно-технических изделий в условиях жесткого временного лимита);

- настраивает уровни прерывания, пороги и условия срабатывания алгоритма предотвращения неблагоприятного развития нештатной ситуации, что позволяет осуществить более ранний запуск алгоритма и тем самым кардинально повысить его эффективность;
- одновременно, за счет настройки уровней прерывания, порогов и условий срабатывания алгоритма, порождает и комплементарный эффект – уменьшение вероятности ложного срабатывания алгоритма, что дает возможность корректной эксплуатации дорогостоящего объекта управления;
- дополняется ситуационно-контекстной визуализацией, которая дает максимально возможное представление о состоянии управляемой системы в каждый конкретный момент, и в то же время позволяет человеку-оператору адекватно воспринимать представленную информацию и принимать осознанные и эффективные действия.

Основная сложность реализации ТУКА состоит в необходимости обеспечения достоверного прогнозирования развития управленческой ситуации, и в определении момента перестройки системы управления. Конечно, есть тривиальные решения, когда объект управления переходит из одного режима работы в другой – это и является сигналом к перестройке. Также ясно, что необходимо использовать наиболее эффективные алгоритмы прогнозирования. Как показывает практика [4], такие алгоритмы достаточно просто разработать для моделирования предупреждения возникновения неуправляемой нештатной ситуации по данным уже произошедшей аварии, но эти алгоритмы нельзя распространить на более широкий класс задач. Это обусловлено наличием неопределенностей и неполного представления о свойствах новых научно-технических объектов.

Приведем пример системы, в которой упреждающая критериальная адаптация была частично реализована, а именно системы испытания сложных объектов, характеризующейся потенциально быстротекущими процессами скатывания в нештатный или аварийный режимы с катастрофическими последствиями [5].

В этой системе применена оригинальная автоматизированная система помощи планировщику, использующая для оптимизации планов испытания моделирование в реальном времени с объемной визуализацией, включающей статистическую оценку последствий управляющих воздействий. Внедрен АРМ корректировщика планов испытаний. Это дает возможность в условиях жесткого временного лимита производить оптимизацию процесса испытания по результатам текущего ситуационного анализа результатов испытания. Полноценно используется База данных нештатных ситуаций (БДНШ), позволяющая анализировать возможные реакции испытуемого изделия на управляющие воздействия и более надежно предотвращать нештатные ситуации.

Приведем эскизное описание назначения и основных функций, выполняемых составляющими системы испытания сложных научно-технических объектов.

АРМ Планировщика испытания.

Предназначено для разработки планов испытания, определяющих привязку по времени для управляющих воздействий на исполнительные модули, временную структуру регистрации измерительной информации, количество и продолжительность циклического опроса датчиков. Использует: Инструментарий планировщика, Базы данных, Экспертную систему и систему представления данных. Отличие от АРМ в существующих стендах – оригинальная автоматизированная система помощи планировщику, использующая для оптимизации планов испытания моделирование в реальном времени с объемной визуализацией, включающей статистическую оценку последствий управляющих воздействий.

Инструментарий планировщика.

Предназначен для разработки планов испытания с моделированием в реальном времени, включающем статистическую оценку последствий управляющих воздействий. В отличие от существующих отечественных стендов данный Инструментарий планировщика позволяет анализировать возможные реакции испытуемого изделия на управляющие воздействия.

АРМ Руководителя испытания (АРМ оператора).

Предназначено для императивного взаимодействия с экспертной системой. Основное предназначение – оперативное управление процессом проведения испытаний. Использует: Экспертную систему и систему представления данных. Наиболее напряженный участок работы для человека-оператора. Оптимизация рабочего места дает возможность в условиях жесткого временного лимита производить между циклами испытаний оперативную перестройку стратегии управления по результатам текущего ситуационного анализа результатов испытания.

АРМ Специалиста по испытуемому изделию.

Предназначено для оперативного контроля за процессом испытания на основе заранее спланированных реакций на ситуации, возникающие в процессе испытания. Использует: Экспертную систему и систему представления данных. В существующих отечественных стендах АРМ Специалиста по испытуемому изделию, как правило, не используется. Применение АРМ позволит более обоснованно производить оперативный контроль за процессом испытания.

АРМ Корректировщика планов испытания.

Предназначено для оперативной корректировки планов испытания, определяющих привязку по времени для управляющих воздействий на исполнительные модули. В существующих отечественных стендах АРМ Корректировщика планов испытания не используется. Принципиальный элемент структуры в процессе проведения испытания. Дает возможность в условиях жесткого временного лимита производить оптимизацию процесса испытания по результатам текущего ситуационного анализа результатов испытания.

Отметим среди других компонентов Экспертную систему, предназначенную для осуществления развернутого анализа текущих процессов испытания и слежения за выполнением планов испытания с учетом возможных корректирующих воздействий Руководителя испытания. Она содержит Подсистему контроля управляемости и профилактической критериальной адаптации.

Заключение

В работе затронуто несколько определяющих аспектов разработки механизмов предотвращения возникновения нештатных и аварийных ситуаций и интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств для систем мониторинга и управления сложными динамическими объектами. Отдельные предложенные решения были использованы при разработке системы управления испытательным стендом [3]. На основе собственного опыта и обширного библиографического материала была разработана программная среда формирования интерфейсного образа мнемосхем, описание которой выходит за рамки настоящей работы. Предлагаемые в работе технологии разрабатывались в том числе с использованием опыта их предварительного использования при проектировании системы программного контроля и интерактивного управления стенда для испытания ЖРД МТ [6].

Литература

1. *Бигус Г.Ф., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А., Галкин Д.И.* Диагностика технических устройств. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 615с.
2. *Меньшиков В.А., Рудаков В.Б., Сычев В.Н.* Контроль качества космических аппаратов при отработке и производстве. – М.: Машиностроение/ Машиностроение-Полет, 2009. – 400с.
3. *Гучук В.В.* Разработка структуры взаимодействия программно-аппаратных средств для системы регистрации потоков данных / Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ 2014). – М.: ИПУ РАН, 2014, Т. 1. – С.4580-4584, http://vspu2014.ipu.ru.
4. *Нестеров В.С., Гучук В.В., Рябых В.Ю.* Технологические аспекты организации процесса многоканальной регистрации разночастотного потока данных / Труды международной конференции “Передовые информационные технологии, средства и системы автоматизации и их внедрение на российских предприятиях”. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 629-637.
5. *Гучук В.В.* Разработка структуры взаимодействия программно-аппаратных средств для системы регистрации потоков данных / Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ 2014). – М.: ИПУ РАН, 2014. Т. 1 . – С.4580-4584, http://vspu2014.ipu.ru.
6. *Гучук В.В., Нестеров В.С., Рябых В.Ю.* Организация управления разночастотными потоками регистрируемой информации стенда для испытания ЖРД МТ / Материалы четвертой международной конференции “Управление развитием крупномасштабных систем”. – М.: ИПУ РАН, 2010. – С.333-335.

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ОНЛАЙН-КУРСА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕННОСТИ

Запорожко В.В., Шардаков В.М., Парфёнов Д.И.

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург, пр. Победы д.13
fdot_it@mail.osu.ru

Аннотация: В исследовании предложен комплексный подход к процедуре объективного оценивания результатов освоения содержания учебной программы онлайн-курса, в основу которого положены идеи теории нечетких множеств и нечеткой логики. Показано, как нечеткие множества можно использовать для принятия решений в условиях неточной, многозначной и расплывчатой информации, получаемой от обучающихся и преподавателей. Определено, что математический аппарат нечеткой логики является важной составляющей системы поддержки принятия решений по интеллектуальному управлению индивидуальными образовательными траекториями в среде онлайн-обучения. Приведена реализация методики комплексного оценивания с использованием пакета расширения «Fuzzy Logic Toolbox» для программного продукта Matlab. Расчеты выполнены на примере освоения обучающимися онлайн-курса «Современные средства оценивания результатов обучения». Предложенная модель может быть положена в основу реализации оценочных процедур, используемых в масштабах платформы онлайн-обучения.

Ключевые слова: нечеткая логика, нечеткие множества, онлайн-курс, оценивание, результаты обучения, индивидуальная образовательная траектория.

Введение

Система онлайн-обучения, в которой активную деятельность ведет человек, характеризуется высокой сложностью и динамичностью, что существенно усложняет ее моделирование с помощью известных математических выражений. Преподавателям и обучающимся привычнее описать процессы, протекающие в среде онлайн-обучения, в словесном, неформализованном, виде. В дальнейшем для построения математической модели интерпретировать человеческие суждения, описанные естественным языком, можно на основе нечетких множеств, позволяющих формально определить неточные, многозначные и расплывчатые понятия.

Нечеткая логика, как модель человеческих мыслительных процессов, хорошо встраивается в автоматизированные средства поддержки принятия решений. В частности, авторы предлагают ее использовать при создании системы интеллектуального управления индивидуальными образовательными траекториями в среде онлайн-обучения. Наличие математического аппарата отражения нечеткости имеющейся исходной информации позволит построить заданную модель, адекватную реальности.

1 Литературный обзор

В настоящее время активно развиваются образовательные информационные системы. Одной из основных задач, требующих автоматизации, является разработка различных механизмов оценивания результатов освоения образовательных программ. При этом все чаще применяются методы и подходы, основанные на теории нечетких множеств.

Так, группа исследователей под руководством A. Barlybayev предложила модель оценки успеваемости на основе нечетких правил. Преимуществом данного подхода является качественная оценка уровня знаний на основе компетенций без использования сложных расчетов по определению баллов за каждое выполненное задание в рамках изученной дисциплины [1].

В исследовании Michael Gr. Voskoglou на основе теории нечетких уравнений отношений (Fuzzy Relation Equations) разработана модель оценки навыков студентов в области Mathematical Modelling. Исследователи проводят сравнение предложенного решения с моделями, основанными на среднем балле обучающегося в группе. На практике оценка на базе нечетких уравнений отношений показала более точный результат [2].

Исследовательская работа ученых из Нигерии направлена на разработку целой экспертной системы для прогнозирования успеваемости обучающихся в Государственном университете Адамавы. Авторы применяют систему нечеткого вывода (Fuzzy Inference System) совместно с функцией принадлежности Гаусса. Экспериментальные исследования в среде MATLAB показывают, что успеваемость студентов можно прогнозировать с точностью до 90% [3].

Аппарат теории нечеткой логики может быть использован не только напрямую для оценки успеваемости, но и для оценки влияния достижений обучающихся, получаемых во время освоения образовательных программ, на результаты обучения по конкретным курсам. Çetin Semerci в своем

исследовании проводит сопоставление традиционных методов оценки достижений с оценками достижений на основе теории нечеткой логики [4].

Для формирования самих правил оценивания может быть использовано также несколько подходов. Так, Ibrahim A. Hameed предложил метод Fuzzy Lingustic Hedges, позволяющий расширить контраст фиксированной формы нечетких множеств и, следовательно, более точно формировать итоговую оценку в рамках исследуемой предметной области [5].

Активное вовлечение студентов в образовательный процесс развивается в методологии Outcome Based Education (OBE). Подход OBE поощряет студентов становиться активными учениками, а не пассивными, как в традиционном подходе, ориентированном на учителей. В исследовании, проведенном научной группы под руководством Abraham Varghese, представлен эффективный способ оценки результатов обучения курса с использованием нечеткой логики. Уникальность метода заключается в том, что он позволяет получить точную меру для оценки уровня прохождения курса, рассматривая каждый параметр, обеспечивающий процесс обучения [6].

Как видно из представленных исследований, оценка результатов обучения студентов является важной и многогранной задачей. Для обеспечения объективности оценивания необходимо использовать множество факторов. Набор факторов, влияющих на итоговую оценку по курсу, как правило, определяется автором курса или преподавателем. При этом используемые факторы никак не учитывают особенности изучения материала самим обучающимся. В своем исследовании Jian Ma и Duanning Zhou предлагают подход, основанный на теории нечеткой логики, позволяющий устранить данное неравновесие. Предложенный подход направлен на то, чтобы побудить студентов участвовать во всем процессе обучения и обеспечить открытую и справедливую среду для оценки [7].

Таким образом, обзор исследований по данной теме показал, что применение математического аппарата теории нечетких множеств является актуальным направлением исследований в данной области. Тем не менее существует проблема выбора эффективных критериев, на базе которых формируются оценки результатов освоения содержания программ курсов. В рамках настоящего исследования мы предлагаем использовать аппарат нечеткой логики для объективной и сбалансированной оценки, а также формирования системы рекомендаций для корректировки образовательной траектории в рамках освоения онлайн-курсов.

2 Методика комплексной оценки результатов освоения содержания учебной программы онлайн-курса

Учитывая практическую значимость оценивания результатов учебной деятельности обучающихся в системах онлайн-обучения, преподавателями используются два основных метода: автоматизированный тестовый контроль и письменный контроль.

Объективность тестовых результатов достигается за счет обеспечения внутренней содержательной валидности теста и исключения субъективных факторов в процессе его конструирования и проведения, интерпретации результатов контроля.

При проведении письменного контроля зачастую имеет место субъективизм со стороны преподавателя и неоднозначность объекта оценивания. Реализация компетентностного подхода предоставляет возможность решения данной проблемы и предполагает переход на содержательно-критериальную основу оценки результатов освоения содержания учебной программы онлайн-курса. Тщательная разработка критериев оценивания (критериев успеха) способствует объективности процедуры оценивания. Критерии оценивания определяются задачами обучения и представляют собой перечень видов деятельности обучающегося, которую он осуществляет в ходе работы и должен в совершенстве освоить в результате работы. При таком подходе субъективизм преподавателя исключается или проявляется в меньшей степени.

По мнению авторов, комплексная оценка результатов освоения содержания учебной программы онлайн-курса должна складываться из нескольких составляющих – оценок по трем группам результатов:

1) освоения теоретической части курса, полученных с помощью автоматизированной проверки тестов по каждой теме курса;

2) освоения практической части курса – деятельностных заданий (практических работ, проектов, эссе и т.п.), оцениваемых преподавателем вручную с помощью заранее разработанных и четко сформулированных критериев, известных обучающемуся;

3) взаимооценивания ряда работ другими участниками курса с помощью четко сформулированных критериев, которые могут быть предложены преподавателем в готовом виде или выработаны совместно с группой обучающихся.

Предполагается, что оценивание по всем выделенным группам будет «прозрачным», понятным и проходить в режиме онлайн, а полученные результаты будут динамически агрегироваться в интеллектуальной системе, интегрированной в платформу онлайн-обучения.

3 Содержательная постановка и формализованное описание задачи комплексной оценки результатов освоения содержания учебной программы онлайн-курса

Пусть R – выходная переменная «Комплексная оценка результатов освоения учебной программы онлайн-курса» («Результат»). Тогда в качестве входных переменных будут использованы три основных компонента:

X – результаты автоматизированного тестового контроля («Автоматизированный тестовый контроль»); Y – результаты письменного контроля, проводимого преподавателем, выполненных обучающимися деятельностных заданий («Преподаватель»); Z – результаты взаимооценивания представленных работ слушателями конкретного онлайн-курса («Слушатели курса»).

Общая схема комплексной оценки результатов освоения содержания учебной программы онлайн-курса представлена на рисунке 1.

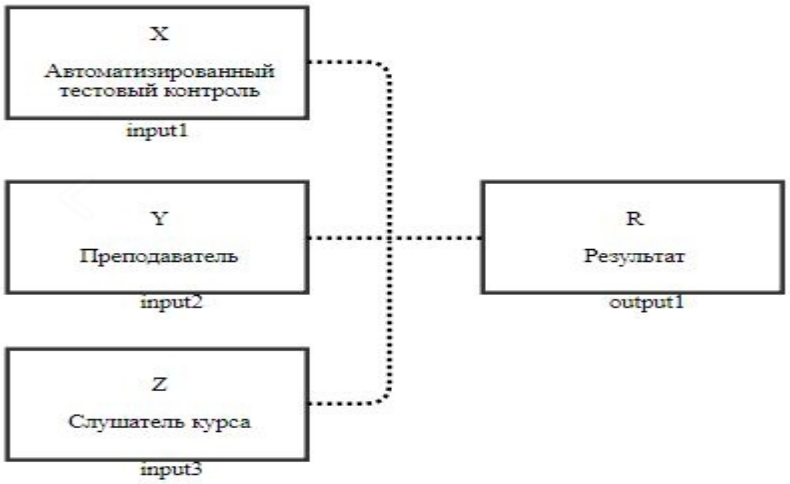


Рис. 1. Общая схема комплексной оценки результатов освоения содержания учебной программы онлайн-курса: X – первая входная переменная («Автоматизированный тестовый контроль»); Y – вторая («Преподаватель»); Z – третья («Слушатели курса»); R – выходная переменная («Результат»).

Литература

1. *Barlybayev A., Sharipbay A., Ulyukova G., Sabyrov T., and Kuzenbayev B.* Student's performance evaluation by fuzzy logic // ICAFS. Vienna, Austria. Vol. 102. 2016. – P.98-105.
2. *Voskoglou M.Gr.* Use of Fuzzy Relation Equations for Evaluating Mathematical Modelling Skills // Oriental Journal of Physical Sciences. Vol. 3. 2018, № 2. – P.102-107.
3. *Goni I., Gumpy J., and Zira P.B.* Designing A Fuzzy Rule Based System To Predict Students Academic Performance In Adamawa State University Mubi // Archives of Applied Science Research. Vol. 10. 2018, № 2. – P.27-34.
4. *Semerci Ç.* The influence of fuzzy logic theory on students' achievement // The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET). Vol. 3. 2004, Iss. 2. – P.56-61.
5. *Hameed I.A.* Enhanced Fuzzy System for Student's Academic Evaluation using Linguistic Hedges // FUZZ-IEEE. Naples, Italy. 2017. – p. 6.
6. *Varghese A., Sreedhar J.P., Kolamban S., and Nayaki S.* Outcome based Assessment using Fuzzy Logic // International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). Vol. 8. 2017, № 1. – P.103-106.
7. *Ma J., and Zhou D.* Fuzzy Set Approach to the Assessment of Student-Centered Learning // IEEE Transactions on Education. Vol. 43. 2000, № 2. – P.237-241.

ОБ УНИВЕРСАЛЬНОМ АЛГОРИТМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65
zvt@ipu.rssi.ru, elena.fish@mail.ru

Аннотация: С учётом закономерностей развития глобальной компьютерной среды (ГКС) анализируются направления развития крупномасштабных систем. Излагаются принципы формирования в ГКС универсального алгоритмического пространства цифровой трансформации крупномасштабных систем.

Ключевые слова: глобальная компьютерная среда, крупномасштабные системы, цифровая трансформация, сетецентрическое управление, универсальное алгоритмическое пространство.

Введение

Примерами крупномасштабных систем являются топливно-энергетические, транспортные, финансово-экономические системы, распределённые системы обработки информации и др. К классической проблематике крупномасштабных систем относятся системы "закрытого" типа. Это – проблемно-ориентированные социотехнические системы корпоративно-отраслевой направленности, которая жёстко фиксируется в административных структурах и технических средствах управления.

По мере расширения глобальной компьютерной среды (ГКС) растёт влияние крупномасштабных систем в разных сферах цифровой трансформации ("Интернет вещей", цифровая экономика, цифровизация финансовых систем и др.). Это крупномасштабные системы 2-го поколения, которые в обязательном порядке реализуются в ГКС. Их главное назначение – предоставление через ГКС открытого доступа к информационно-алгоритмическим сервисам массового потребления. В этом они существенным образом выходят за рамки требований для классических систем "закрытого" типа. Будучи открытой для прямого подключения массовых пользователей, каждая такая система в своём составе имеет и "закрытую" часть в виде "мозгового центра". Из-за наличия закрытой части системы 2-го поколения можно отнести к не вполне открытым системам. Реализация и развитие таких систем в решающей степени зависит от свойств и закономерностей развития ГКС.

1 Крупномасштабные системы второго поколения

К крупномасштабным системам 2-го поколения можно отнести различные классы систем массового применения – Google, Amazon, Ali-baba, социальные сети насыщенные технологиями таргетированного маркетинга, системы шеринговой экономики (Uber и Яндекс-такси, каршеринг и пр.), криптовалютные системы и другие. Это – не вполне открытые системы, которые предоставляют развитые, но достаточно консервативные в отношении изменений функционала, одно- или многопрофильные наборы массовых проблемно-ориентированных алгоритмических сервисов. Априори ограниченные рамками проблемной ориентации функциональные возможности системных ядер таких систем фиксируются на этапах проектирования в специализированных компьютерно-сетевых архитектурах и закрываются от внешнего доступа.

В отсутствие альтернатив системы данного вида реализуются в крайне разнородных сетевых ресурсах ГКС. Разнородность ГКС на её нижних этажах (уровни разных, изначально несовместимых компьютерных и программных платформ) является непреодолимым препятствием на пути к универсальной модели бесшовно программируемых и кибербезопасных распределённых вычислений в сколь угодно больших сетях. Фундаментальное препятствие на этом пути – комбинаторная сложность системно-функциональной интеграции разнородных сетевых ресурсов. Выявление и устранение первопричин непрерывного воспроизводства разнородности ГКС становится первоочередной задачей выявления и обеспечения долгосрочных перспектив развития крупномасштабных систем следующих поколений.

2 Основания и закономерности развития глобальной компьютерной среды

В основе ГКС лежат две парадигмы универсальности. Первая – универсальный компьютер в модели Дж. фон Неймана. Вторая – стек сетевых протоколов TCP/IP, определяющих правила передачи пакетов данных в сетях общего назначения с узлами в виде универсальных компьютеров.

Классическая модель фон Неймана постулирует простейшие практически значимые универсальные правила автоматического исполнения программ любых алгоритмов во внутренних ресурсах компьютеров. Логически простые правила универсальных вычислений этой модели нашли массовое воплощение в микропроцессорах и компьютерах с микропроцессорными архитектурами.

Универсальность протоколов TCP/IP позволяет осуществлять кроссплатформенную передачу информации в сетях, связывающих компьютеры разных аппаратных и программных платформ. Они обеспечивают расширяемость и масштабируемость сетей, а также надёжную передачу информации между узлами сетей посредством динамической маршрутизации пакетов данных.

Разнородность сетевых ресурсов является фундаментальной причиной отсутствия системной целостности ГКС и внутрисистемных дисбалансов в её развитии. Главный дисбаланс проявляется в том, что ГКС, составленная из универсальных компьютеров, ни в целом, ни в любом своём сетевом подмножестве, изначально не обладает свойством бесшовной универсальной программируемости, которым обладает компьютер каждого узла. Одним из главных проявлений дисбаланса стал экспоненциальный рост потоков/объёмов глобально распределённой информации, непригодной для алгоритмической переработки в целях управления устойчивым развитием социосистем.

Несбалансированное развитие ГКС делает невозможным её использование в качестве универсально программируемой компьютерной среды для управления устойчивым развитием сколь угодно больших социотехнических систем. Это следует из кибернетического принципа Эшби [1], который утверждает, что управление становится возможным, если управляющая часть системы обладает функциональным разнообразием в степени не меньшей, чем управляемая.

3 Анализ технологий функциональной интеграции ресурсов гетерогенной ГКС

Индустриальные технологии системно-функциональной интеграции разнородных ресурсов ГКС начинались с Grid-систем (вторая половина 90-х). К середине 00-х идеология Grid-систем исчерпала свой потенциал. На смену пришли облачные системы, которые стали ведущим индустриальным трендом развития сетевых технологий, предоставляющих информационно-алгоритмические сервисы.

В ГКС воплощаются как централизованные, так и децентрализованные системы, которые мы относим к крупномасштабным системам 2-поколения.

Основу централизованных систем составляют облачные технологии с клиент-серверными сетевыми архитектурами. По оценкам Accenture [2], стоимость такой крупномасштабной платформы достигает $4,3 трлн. Это плата за 1,3 миллиона прямых сотрудников и несколько миллионов косвенно нанятых в компаниях-партнерах, которые обслуживают и развивают платформы.

Централизованным системам присущи принципиальные недостатки клиент-серверных архитектур. Это – сложный и дорогостоящий серверный центр. Концентрируя вычислительную мощь многих серверов, он стягивает на себя сетевой трафик, растущий пропорционально числу и активности пользователей. Пропускная способность каналов выхода серверов в глобальную сеть должна обеспечивать доступ потенциально неограниченного числа пользователей.

Другое направление развития не вполне открытых систем представлено децентрализованными системами, которые реализуются в рамках сетевых архитектур концептуально противоположного вида – одноранговых сетевых архитектур Peer-to-Peer (P2P). Они составляют основу пиринговых сетевых систем – распределённых систем с децентрализованным управлением. Их отличие от клиент-серверных систем состоит в отказе от специально выделяемого серверного центра (функции которого распределяются по имеющимся в составе ГКС узлам) и от разделения компьютерных узлов по исполнению серверных и клиентских функций.

В основу сетей P2P положены возможности максимального использования всего разнообразия функционально-вычислительных возможностей универсальных компьютеров каждого узла, а также всех ресурсов сетевых коммуникаций. Благодаря возможностям равномерного распределения вычислительной нагрузки по узлам, а потоков данных по линиям связи ГКС, при этом устраняются причины пиковых перегрузок отдельных фрагментов глобальной сети. Развитие пиринговых технологий – это путь не только к высокоэффективному использованию совокупных ресурсов ГКС, но и возможность формирования в ГКС максимального комфортной для пользователей среды обитания, в которой могут быть обеспечены (при определённых, пока нереализованных, условиях) высокие уровни кибербезопасности и защиты личного информационного пространства.

В отсутствие общей, универсально программируемой модели распределённых вычислений применение P2P архитектур ограничено узкопрофильными системами с ограниченным функционалом (обмен файлами, сообщениями и платежами, криптовалюты, блокчейны и др.).

4 Концепция универсального алгоритмического пространства

Существующую ГКС можно рассматривать как прообраз универсальной кибернетической среды сетецентрического управления социотехническими системами с практически неограниченным алгоритмическим функционалом переработки распределённой информации. Принцип Эшби [1] определяет условие балансировки функциональных возможностей управляющей и управляемой

частей систем с управлением. В применении к ГКС он требует практически неограниченного алгоритмического функционала, обеспечивающего переработку глобально распределённой информации в целях управления всем разнообразием социотехнических систем. Такое наращивание требует от ГКС свойства функциональной полноты (универсальной программируемости).

Гетерогенная ГКС в целом, не обладая свойством функциональной полноты, которым обладает каждые её узел, в своём системно несбалансированном развитии входит в коллизию с принципом Эшби. В условиях разнородности результатом коллизии становится невозможность осуществления бесшовной универсальной программируемости любых подмножеств ГКС, выделяемых для реализации крупномасштабных систем. Взамен этого при создании таких систем реализуются компромиссные комбинаторно сложные решения интеграции разнородных ресурсов с обязательными ограничениями допустимых компьютерных платформ и наборов исполняемых системами функций (посредством их проблемной ориентации).

Для устранения внутренних дисбалансов развития ГКС необходима модель универсально программируемых распределённых вычислений в сколь угодно больших компьютерных сетях. Такая модель предложена в работе [3]. Она построена путём математического обобщения классической модели Дж. фон Неймана на основе компьютерного исчисления древовидных структур (ИДС). Построенная модель открывает возможности устранения комбинаторной компоненты сложности функциональной интеграции ресурсов ГКС путём формирования в ресурсах ГКС математически однородного и универсального, бесшовно программируемого и кибербезопасного алгоритмического пространства распределённых вычислений и сетецентрического управления [3,4].

В работах [3,4] на основе предложенной модели распределённых вычислений представлены принципы построения нового класса сетевых компьютеров, которые отличаются своей немикропроцессорной архитектурой. Система команд этих компьютеров реализует математический базис компьютерных операций, в основу которого положено ИДС.

Компьютеры предложенного класса составляют технический фундамент для формирования в ресурсах существующей ГКС математически однородного алгоритмического пространства. В своей архитектуре они закрепляют математическую унификацию форм представления и математический базис обработки глобально распределённой информации. При этом исчезает необходимость использования проблемно-ориентированных стандартов и технологий системно-функциональной интеграции разнородных ресурсов и, вместе с этим, необходимость наличия закрытой части.

Заключение

В данной работе на примере сложившегося научного направления, изучающего развитие крупномасштабных систем, изложены элементы общей методологии имплантации представлений о фундаментальных закономерностях развития ГКС в разные сферы знаний. В результате проведённого исследования с учётом закономерностей развития и растущего влияния ГКС проведена классификация крупномасштабных систем. Определены направления их эволюции. Представлен подход к организации распределённых вычислений и сетецентрического управления в сколь угодно больших системах. Изложены принципы формирования в ГКС универсального и кибербезопасного алгоритмического пространства цифровой трансформации. Обозначены особенности и перспективы развития в этом пространстве крупномасштабных социотехнических систем.

Литература

1. *Эшби У. Р.* Введение в кибернетику. – М.: ИЛ, 1959. – 432с.
2.http://stephane-castellani.com/everything-you-need-to-know-about-digital-platforms/
3. *Затуливетер Ю.С.* Компьютерный базис сетецентрического управления // Труды российской конференции с международным участием "Технические и программные средства в системе управления, контроля и измерения" (УКИ'10). – Москва, 18–20 октября 2010 г. – С. 17–37.
4. *Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А.* Проблемы программируемости, безопасности и надежности распределенных вычислений и сетецентрического управления Ч. 2. Подход к общему решению // Проблемы управления. 2016. № 4. – С. 58-69.

УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ МАЛООБСЛУЖИВАЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Захаров Н.А., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С.

НПП «Дозор» ОАО «Концерн КЭМЗ», Россия, г. Москва, ул. 4-я Магистральная д.13

nazakharov@npp-dozor.ru, dspodkhvatilin@npp-dozor.ru, viklepikov@mail.ru

Предложен подход к управлению конфигурацией распределенной системы управления, имеющей в своем составе избыточные компоненты. Подход основан на формализованном векторно-матричном представлении наборов компонентов системы, возможных системных конфигураций и функциональных связей между ними.

Ключевые слова: распределенная система управления, синхронно-временной протокол, управление конфигурацией, оценка достоверности.

Концепция построения распределенных систем управления (РСУ) на основе необслуживаемой модульной электроники подразумевает наличие в системе следующих компонентов:

- коммуникационной сети;
- компонентной избыточности оборудования;
- развитой системы сбора и обобщения информации о функционировании оборудования;
- высокопроизводительных алгоритмов обнаружения и локализации наблюдаемых и ненаблюдаемых сбоев и отказов;
- алгоритмов глубокой реконфигурации системы на основе компонентной избыточности функциональных систем и коммуникационной сети.

Для парирования отказов в РСУ наиболее эффективным способом является применение избыточности ресурсов системы. Для построения коммуникационной сети перспективным решением является применение синхронно-временного протокола (СВП) [2]. Сетевая распределенная архитектура системы управления на основе СВП обеспечивает высокий уровень аппаратной, программной, временно́й, коммуникационной и информационной избыточности, которую можно использовать не только для повышения надежности и отказоустойчивости системы управления, но также для повышения точности и качества регулирования и управления.

Для управления избыточностью РСУ предлагается модифицированный метод супервизоров конфигурации (СК). В исходном методе [3] под СК понимаются программные и аппаратные модули, используемые для мониторинга работоспособности своей конфигурации, участия в межсупервизорном арбитраже для активизации своей конфигурации либо при победе в арбитраже, либо для параллельной работы вместе с другими конфигурациями на общий исполнительный элемент. В предложенном модифицированном методе СК определение достоверности конфигурации на основе информации об исправности входящих в нее компонент дополняется оценками достоверности работы конфигураций, формируемыми на основе анализа выходных данных конфигураций. Полученные оценки достоверности работы конфигураций используются в качестве обратной связи для получения оценок исправности образующих конфигурации компонентов.

Рассмотрим РСУ, построенную на основе СВП. РСУ располагает избыточным количеством m аппаратных, программных, коммуникационных и программных компонент (ресурсов). К ресурсам в общем случае относятся:

- датчики и устройства ввода информации;
- исполнительные устройства и устройства вывода сигналов;
- вычислительные узлы (контроллеры);
- линии связи между узлами и со смежными системами;
- встроенные математические модели.

В данной системе может быть построено n вариантов коммуникационного объединения имеющихся m компонент для выполнения заданных системных функций. Каждый такой вариант объединения будем называть конфигурацией.

Различные конфигурации могут реализовывать либо разные, либо одни и те же системные функции, конфигурации могут иметь полностью не пересекающиеся наборы компонент, или могут использовать какие-то общие для них ресурсы. Разработан подход к управлению избыточностью распределенной системы, обеспечивающий:

- формализованное представление в векторно-матричном виде всех компонент, используемых конфигураций и наборов компонент, задействованных в каждой конфигурации;
- формализованную процедуру прямого вычисления вектора работоспособных конфигураций $\boldsymbol{y}$ на основе исходного вектора исправности компонент $\boldsymbol{x}$;

- вычисление по результатам работы конфигураций вектора оценок $\hat{\boldsymbol{y}}$ работоспособных конфигураций;
- формализованную процедуру обратного вычисления вектора оценок исправности компонент на основе вектора оценок $\hat{\boldsymbol{y}}$ работоспособных конфигураций;
- замену действующих неработоспособных конфигураций на новые, либо замену в действующих конфигурациях отказавших компонент на аналогичные исправные.

В распределенных системах управления сложными объектами могут присутствовать сотни компонент, которые в зависимости от их текущего состояния могут объединяться в десятки различных конфигураций для выполнения тех или иных функциональных задач.

Назовем конфигурацией совокупность компонент системы C = {c1, c2, …, cm}, обеспечивающих выполнение определенной функции. Конфигурация может обеспечивать как выполнение функции управления объектом, т.е. заканчиваться расчетом выходного значения системы, так и выполнять промежуточные расчеты, определяющие значения параметров, необходимых для других конфигураций, например, рассчитывать наиболее достоверные значения входных параметров РСУ на основе показаний нескольких датчиков. Одна и та же функция в системе управления может реализовываться различными конфигурациями в зависимости от того, какие компоненты в данный момент времени являются исправными.

Работу системы управления можно описать набором функций fi, каждой из которых соответствует конкретное выходное значение, сформированное некоторой конфигурацией. Значение функции fi, сформированное в некоторой j-й конфигурации Cij, будем обозначать как zij.

Распределение компонентов РСУ ck по конфигурациям может быть записано в виде матрицы K размерности (n×m), где n – количество всех рассматриваемых в системе конфигураций, m – количество всех компонент системы, участвующих в формировании конфигураций. Элемент kij матрицы K равен 1, если в i-й конфигурации используется компонент РСУ cj.

Определим вектор x, характеризующий текущее состояние всех компонент РСУ. Если все компоненты РСУ исправны, компоненты вектора x представляются в виде:

(1) $x_s = 1,\ s = 1\ldots m.$

При наличии в системе неисправных компонент соответствующие им компоненты вектора $\boldsymbol{x}$ равны нулю. Значение данного вектора формируется в реальном времени по результатам функционирования программных и технических средств самоконтроля РСУ.

Далее определим вектор готовности конфигураций $\boldsymbol{y}$, характеризующий готовность к работе всех рассматриваемых конфигураций. $y_i = 1$, если i-я конфигурация работоспособна, в противном случае $y_i = 0$, $i = 1\ldots n$. Готовность конфигураций является функцией от задействованных в конфигурациях компонентов и их исправности.

(2) $\mathbf{y} = F_1(\mathrm{K}, \mathbf{x}),$

где функция F_1 определяется выражением:

(3) $$F_1 = \bigcap_{s=1}^{m} \left(k_{j,s} \supset x_s\right),$$

символом $\bigcap$ обозначена функция логического «И», символом $\supset$ обозначена функция импликации.

Смысл выражения (3) состоит в том, что каждый j-й элемент вектора y будет равен 1, т.е. j-я конфигурация будет работоспособна, если в данной конфигурации будут использованы только исправные компоненты.

Если при исполнении в одной РСУ нескольких конфигураций получены различающиеся между собой значения одного и того же выходного параметра, требуется решить две задачи: 1) отбраковать некорректные результаты и отметить сформировавшие их конфигурации как неработоспособные; 2) на основе результатов, полученных от признанных работоспособными конфигураций сформировать окончательное согласованное выходное значение.

Эффективным способом диагностики исправности компонентов РСУ является включение в ее состав встроенной модели объекта управления, работающей в реальном времени [4]. Это позволяет расширить возможности по повышению качества и надежности управления, улучшению эксплуатационных характеристик системы. Ряд способов отбраковки некорректных значений рассмотрен в работах [5, 6]. Далее рассмотрим анализ работы конфигураций на основе допускового контроля.

Запишем полученный по результатам работы всех *n* конфигураций вектор выходных значений

(4) $\mathbf{z} = [z_1, \cdots z_j, \cdots z_n]^T$

(верхние индексы для наглядности опущены) и исходный вектор готовности конфигураций

(5) $\mathbf{y} = [y_1, \cdots y_j, \cdots y_n]^T$.

Посредством векторов $\boldsymbol{z}^{min}$ и $\boldsymbol{z}^{max}$ зададим соответственно минимально и максимально допустимые выходные значения для каждой из конфигураций

Определим функцию допускового контроля как

(6) $F_2(\mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{z}^{min}, \mathbf{z}^{max}) = 1$, если $(y_j=1)$ & $(z^{min}_j \le z_j \le z^{max}_j)$;

иначе 0.

Оценка вектора готовности конфигураций $\hat{\boldsymbol{y}}$ определяется функцией F_2:

(7) $\hat{\mathbf{y}} = F_2(\mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{z}^{min}, \mathbf{z}^{max})$,

Нулевое значение какой-либо компоненты вектора готовности конфигураций свидетельствует о том, что в соответствующей конфигурации имеется один или несколько отказавших компонентов РСУ.

Далее определим функцию F_3 как

(8) $$F_3 = \bigcup_{j=1}^{n} \left(k_{j,s} \supset \hat{y}_i\right),$$

где символом $\bigcup$ обозначена функция логического ИЛИ; символом $\supset$ обозначена функция импликации. Для вектора $\hat{x}$, характеризующего оценку исправности компонентов РСУ, можно записать:

(9) $$\hat{x} = F_3\left(K, \hat{y}\right).$$

Смысл выражения (9) состоит в том, что для каждого *s*-го элемента вектора состояния проверяется работоспособность всех *j*=1...*n* конфигураций, в которых он задействован. Если работоспособной признана хотя бы одна конфигурация, в которой задействован данный компонент, т.е. условие $c_{j,s} \le \hat{y}_j$ выполняется хотя бы для одного *j*=1…*n*, то *s*-й компонент идентифицируется как исправный. Если все конфигурации, в которых данный компонент задействован, признаны неработоспособными, то компонент идентифицируется как отказавший.

Следует отметить, что как набор конфигураций, так и их компонентный состав могут быть оптимизированы по различным критериям, таким, как загрузка вычислительных и коммуникационных ресурсов РСУ, однозначность трактовки получаемых результатов. В частности, очевидно, что если каждый из компонентов системы будет задействован только в одной конкретной конфигурации и отсутствовать во всех остальных, то его неисправность однозначно выявляется при признании данной конфигурации отказавшей. Если два или более компонента присутствуют только в одной конфигурации (или группе конфигураций) и при этом отсутствуют во всех остальных, то различить их отказы по факту неработоспособности данной конфигурации не представляется возможным.

Литература

1. *Захаров Н.А., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С.* Управление избыточностью сетевых распределенных систем необслуживаемой авионики // Авиакосмическое приборостроение, 2018 № 3. – С. 3-12.
2. *Захаров Н.А., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С.* Синхронно-временной протокол для распределенных систем управления // Автоматизация в промышленности – 2013. - № 2. – С. 37-39.
3. *Агеев А.М., Бронников А.М., Буков В.Н., Гамаюнов И.Ф.* Супервизорный метод управления технических систем с избыточностью // Известия РАН. Теория и системы управления. 2017. № 3. – С. 72-82.
4. *Захаров Н.А., Калин С.В., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С.* Алгоритмическое обеспечение отказоустойчивости распределенных систем управления // Радиоэлектронные и компьютерные системы. 2008. - № 7. – С.43-48.
5. *Klepikov, V.I., Podkhvatilin, D.S., Dudorov, Y.N. Sharapov G.V., Zakharov N.A.* Information-measuring diagnostics complex for technical maintenance Autom Remote Control (2011) 72: 1089. https://doi.org/10.1134/S0005117911050171
6. *Клепиков В.И.* Отказоустойчивость распределенных систем управления. М. «Золотое сечение», 2014 - 392с.

СИНХРОННО-ВРЕМЕННОЙ ПРОТОКОЛ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Захаров Н.А., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С.

НПП «Дозор» ОАО «Концерн КЭМЗ», Россия, г. Москва, ул. 4-я Магистральная д.13

nazakharov@npp-dozor.ru, dspodkhvatilin@npp-dozor.ru, viklepikov@mail.ru

Предложен синхронно-временной протокол для построения распределенных систем управления. Показана необходимость использования в контурах регулирования передачи данных по расписанию. Рассмотрены преимущества предлагаемого протокола перед аналогами.

Ключевые слова: распределенная система управления, протокол обмена, синхронно-временной протокол.

Развитие распределенных систем управления (РСУ) на современном этапе характеризуется повышением функциональной насыщенности сетевых связей. Обмен данными в реальном масштабе времени ведет к многократному увеличению трафика в РСУ, причем возрастают потоки информации между интеллектуальными датчиками, управляющими контроллерами и исполнительными элементами. Как отмечено в монографии [1], необходимость перехода к распределенным системам управления обусловлена требованиями повышения функциональности и качества управления при одновременном повышении надежности и улучшении массогабаритных характеристик.

Современный подход к изготовлению узлов и агрегатов систем управления и технологических объектов управления – датчиков, ИМ, законченных функциональных узлов, заключается в том, что они выпускаются различными компаниями-изготовителями, имеют встроенные микропроцессорные блоки с стандартизованным сетевым интерфейсом. Это обеспечивает высокую степень унификации, снижает стоимость разработки и сокращает время вывода на рынок новых продуктов.

Вследствие интеграции в компоненты РСУ микропроцессорных устройств со встроенным сетевым интерфейсом в составе одного контура регулирования оказывается несколько микропроцессорных устройств, связанных между собой цифровыми линиями связи. Это порождает особую специфику требований, предъявляемых к сетевому обмену и особенностям его реализации.

Широкое распространение в РСУ протокол CAN, первоначально разработанный фирмой Robert Bosch GmbH для использования в автомобильной электронике [2-4]. Данный протокол обладает высокой помехоустойчивостью и надежностью. Его существенным недостатком, проявляющимся в случае, когда несколько абонентов сети участвуют в работе одного контура регулирования, является то, что асинхронная природа протокола и применение рассмотренного выше механизма арбитража делают нестабильным время передачи результата измерения от датчика и рассчитанного управляющего воздействия к исполнительному элементу. Это приводит к ухудшению качества регулирования, в том числе к снижению запаса устойчивости системы.

Стандартом [3] в разделе 9.2 предусмотрена опция разделения времени передачи на шине. Тем не менее, она не всегда эффективна. В статье [5] описано построение РСУ с обменом по CAN, использующей данную опцию. Для компенсации указанной нестабильности используются громоздкие программно-аппаратные решения, основанные на формировании и передаче в каждом пакете данных двух дополнительных временных меток.

Для РСУ, в которых датчики, исполнительные элементы и контроллеры являются узлами единой сетевой управляющей структуры, принципиальным является то обстоятельство, что коммуникационный канал между датчиками, контроллерами и исполнительными элементами (в отличие от децентрализованных систем) оказывается включенным в замкнутые контуры управления и регулирования; отказы, сбои и непредсказуемые задержки доставки информации (джиттер) являются недопустимыми. Это обстоятельство в 2000-х годах привело к началу активных разработок специализированных коммуникационных протоколов, пригодных для построения систем управления жесткого реального времени, например, CANAerospace и Time Triggered Protocol (TTP) для авиационных СУ, протокол FlexRay для реализации концепции "управления по проводам" (x-by-wire) в автомобильной технике и др. Особенности построения РСУ, работающих в жестком реальном времени, рассмотрены в статье [6].

Для построения РСУ предлагается синхронно-временной протокол (СВП), свободный от рассмотренных выше на примере CAN недостатков событийного протокола [7]. В ходе обмена по указанному протоколу каждый узел РСУ осуществляет передачу данных строго в определенное для него время. Время передачи задается единым для всей сети расписанием.

В настоящее время на рынке представлено несколько типов коммуникационных протоколов как с событийной синхронизацией (Event Triggered, ET, например, рассмотренный выше CAN), так и с временной синхронизацией (Time Triggered, TT). Событийные протоколы обеспечивают бóльшую гибкость системы при разработке и модернизации (механизмы Plug&Play). При этом их

использование в замкнутых контурах регулирования в силу отмеченных выше причин практически невозможно. Протоколы с временной синхронизацией обеспечивают бóльшую жесткость и предсказуемость поведения каждого узла сети, особенно при возникновении сбоев, отказов и нештатных ситуаций, обеспечивают фиксированный временной джиттер, что позволяет строить замкнутые распределенные контуры регулирования. Применение таких протоколов осложняет разработку, модернизацию и расширение РСУ, поскольку каждый раз требуется проектирование нового расписания работы узлов.

С существующими протоколами с временной синхронизацией связан ряд проблем:

- отсутствие механизма P&P – добавление нового узла сети требует перепланировки расписания работы всех узлов;
- жесткий детерминизм в построении расписания приводит к недетерминизму в работе замкнутых контуров регулирования т.к. при реконфигурациях сети вследствие отказов отдельных узлов изменяются времена доставки информации;
- используемые механизмы синхронизации узлов сети и механизмы включения узла в работающую сеть приводят к проблеме распада сети на независимо друг от друга работающие сегменты – клики (clique);
- в известных реализациях отсутствует механизм гарантированной синхронной выдачи выходных сигналов несколькими узлами;
- имеющийся европейский стандарт на TTP жестко определяет применение дублированной (двухканальной) шины и не предусматривает механизмов повышений степени резервирования ины;
- доступные IP-ядра TTP контроллеров дороги, доступные микросхемы TTP контроллеров являются двухканальными, причем оба канала реализованы в одном кристалле, что снижает надежность;
- в России отсутствуют стандарты и специализированные лаборатории по тестированию и сертификации систем на основе временных протоколов.

Для решения обозначенных проблем в предлагаемом СВП протоколе разработан ряд новых механизмов обеспечения отказоустойчивости, целостности и реконфигурации сети:

- механизм принудительной синхронизации сети;
- разрешительный механизм вхождения в сеть нового или повторно входящего узла;
- механизм онлайн планирования и рассылки расписаний;
- механизм предопределенных резервных расписаний;
- механизм распределенной базы данных контрольных точек восстановления узлов сети;
- механизм гарантированной синхронной выдачи сигналов несколькими узлами;
- структура контроллера с заданным количеством резервных шин.

В отличие от известного механизма автономной синхронизации, когда каждый узел самостоятельно входит в сеть в соответствии с заранее определенным расписанием, в предлагаемом СВП механизм принудительной синхронизации опрашивает сеть с заданным периодом времени для определения фактического состава присутствующих узлов. Собранная информация рассылается всем работающим узлам, соответственно у всех работающих узлов имеется единая информация о составе сети, что полностью исключает проблему сегментации сети.

Если в сети появляется новый, неизвестный ранее узел (чего в принципе недопустимо в известных реализациях), то в СВП в процессе опроса сети узлом-синхронизатором данный узел должен сообщить свой формуляр – приоритет, требуемый набор входных данных и требуемый период их получения, состав своих выходных данных и другую служебную информацию. Узел-синхронизатор планирует новое расписание работы сети, в котором определяет место нового узла. Новое расписание рассылается всем узлам сети, после этого новый узел получает разрешение войти в сеть. Данная процедура обеспечивает реализацию механизма P&P.

В случае отказа одного из узлов сети встроенные в СВП механизмы планирования и рассылки расписаний обеспечивают замену расписания работы сети на нужное предопределенное резервное расписание, в котором резервный узел передает свои данные в том же слоте, в котором работал отказавший узел. Отказавший узел исключается из состава активных узлов, но если происходит его восстановление, то он включается в сеть в соответствии с механизмом повторного вхождения.

На базе разработанных спецификаций совместно с ФГУП ГосНИИАС начата работа по выпуску стандарта СВП. Создание сертифицирующей лаборатории планируется на базе Инновационного центра Сколково.

Согласно предлагаемой технологии, обобщенная модель РСУ содержит несколько сетевых узлов, связанных с объектом управления датчиками и исполнительными устройствами и связанных между собой последовательным коммуникационным каналом на основе СВП протокола.

Каждый узел состоит из:

- контроллера ввода-вывода, управляющего датчиками и исполнительными устройствами;
- управляющего контроллера, выполняющего прикладное программное обеспечение;
- коммуникационного контроллера, обеспечивающего логическое взаимодействие с коммуникационным каналом;
- блока защиты шины (БЗШ), связывающего коммуникационный контроллер с коммуникационным каналом.

Блок защиты шины (БЗШ) является автономной подсистемой и предотвращает отказы узла типа «забивание» шины (babbling idiot faults). Сообщение может быть отправлено, только если коммуникационный контроллер и БЗШ согласованно обеспечивают доступ к каналу.

Все узлы сети работают в единой временной базе, для чего каждый коммуникационный контроллер и каждый БЗШ содержат отказоустойчивый усредняющий алгоритм коррекции локальных часов с тем, чтобы они находились в синхронизации с часами всех остальных узлов кластера.

Наборы расписаний работы сети рассчитывается и хранится в двух или более коммуникационных контроллерах узлов-синхронизаторов вместе с копиями базы данных контрольных точек. Контрольные точки (т.е. наборы переменных процесса) позволяют новому узлу вступить в работу с того места, где процесс был прерван сбоем или отказом.

СВП обеспечивает подключение стартующего узла к работающему кластеру без нарушения функционирования остальных узлов. После старта узлы-синхронизаторы корректируют расписание сети с учетом требований нового узла и сообщают это расписание всем узлам. Данный алгоритм обеспечивает реализацию механизма Plug&Play.

Все узлы работают по единому расписанию обмена. Для обеспечения всех узлов единой временной базой используется отказоустойчивый усредняющий алгоритм, вычисляющий коррекцию локальных часов с тем, чтобы они находились в синхронизации со всеми остальными часами кластера.

Базовые алгоритмы СВП были формально верифицированы и успешно протестированы в условиях имитации миллионов отказов, в том числе при воздействии радиационного и электромагнитного излучений.

Для построения узлов СВП сети в настоящее время разработана и выпущена микросхема контроллера СВП К5600ВГ2У. Разработчик – научно-производственное подразделение «Дозор» ОАО «Концерн КЭМЗ» (г. Москва), изготовитель - АО "ПКК Миландр" (г. Зеленоград). В перспективе планируется интеграция данного контроллера в систему на кристалле. Контроллер поддерживает связь с процессором по 16-разрядной параллельной шине данных или по интерфейсу SPI.

Литература

1. *Клепиков В.И.* Отказоустойчивость распределенных систем управления. М. «Золотое сечение», 2014.-392с.
2. *Карпенко Е.* Возможности CAN-протокола// Современные технологии автоматизации, 1998, № 4.- С.16-20.
3. ГОСТ Р ИСО 11898-1-2015. Транспорт дорожный. Местная контроллерная сеть (CAN). Часть 1. Канальный уровень и передача сигналов.
4. ГОСТ Р ИСО 11898-2-2015. Транспорт дорожный. Местная контроллерная сеть (CAN). Часть 2. Устройство доступа к высокоскоростной среде.
5. *Синявский С., Шергин В., Власюк В.* Использование координатных датчиков в распределенной АСУ большого азимутального телескопа // Современные технологии автоматизации, 2012. - № 4. – С.68-73.
6. *Захаров Н.А., Калин С.В., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С.* Архитектура распределенных систем управления жесткого реального времени // Радиоэлектронные и компьютерные системы – 2008. - № 5. С.57-61.
7. *Захаров Н.А., Клепиков В.И., Подхватилин Д.С*. Синхронно-временной протокол для распределенных систем управления // Автоматизация в промышленности – 2013. - № 2. С.37-39.

АЛГОРИТМ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ПОЛЕТА ГРУППЫ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА ПОСАДКИ [91]

Кулида Е.Л., Егоров Н.А., Лебедев В.Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
lenak@ipu.ru, egorov@ipu.ru, lebedev@ipu.ru

Аннотация: Рассматривается задача составления расписания полета группы воздушных судов с целью проверки реализуемости предлагаемого оптимального плана посадок. Алгоритм составления расписания полета группы воздушных судов использует алгоритм расчета скорости полета вдоль траектории и алгоритм расчета оптимального плана полета воздушного судна.

Ключевые слова: план полета воздушного судна, расчет скорости вдоль траектории, составление расписания.

Введение

Одной из центральных проблем при организации воздушного движения вблизи аэропорта является задача определения оптимальной последовательности приземлений воздушных судов (ВС) [1-2]. После определения такой последовательности и расчета соответствующих времен посадок, удовлетворяющих всем нормам эшелонирования, нужно построить расписание полетов группы воздушных судов для реализации этого плана посадок или сделать вывод о невозможности реализации предложенного плана и необходимости его изменения.

В докладе рассматривается постановка задачи и предлагается алгоритм ее решения, на основе использования алгоритмов расчета скорости движения ВС вдоль траектории и расчета корректного плана полета ВС.

1 Постановка задачи

Рассматривается группа ВС с номерами $j = \overline{1,M}$.

Каждое ВС принадлежит одному из классов турбулентности C_m (например, легкое ВС, среднее ВС, тяжелое ВС).

Известен оптимальный план пролета последней перед заходом на ВПП точки z_k, с координатами (lat_k, lon_k) [3]:

- последовательность ВС: $y = \{y_1, \dots, y_M\}$, где y – перестановка номеров ВС $j = \overline{1,M}$;
- времена пролета точки $t_k = \{{t_k}^{y_1}, \dots, {t_k}^{y_M}\}$;
- скорость пролета точки v_k, одинаковая для всех ВС.

Маршруты ВС проходят через точки воздушного пространства $z_i, i = \overline{1,L}$. Для каждой точки известны координаты (lat_i, lon_i) и минимальная и максимальная скорость пролета точки: $v_{min}({z_i}^j), v_{max}({z_i}^j)$ ВС с номером j.

При пролете точек маршрута должны выполняться нормы эшелонирования между ВС:

$S_{C_j,C_{j+1}}$ – минимальная дистанция при пролете ВС класса турбулентности Cj+1 после ВС класса турбулентности Cj.

Определение 1. Состоянием ВС назовем координаты, скорость и время пролета точки воздушного пространства: (lat^j, lon^j, v^j, t^j):

Для ВС с номером j известны:

- начальное состояние: $({lat_0}^j, {lon_0}^j, {v_0}^j, {t_0}^j)$, в котором ВС находится в начальный момент времени;
- маршрут полета – последовательность точек воздушного пространства $Z^j = \left\{{z_1}^j, \dots, {z_{i_j}}^j\right\}$, через которые должен проходить полет из начального состояния в конечное состояние $({lat_k}, {lon_k}, {v_k}, {t_k}^j)$;
- ограничения на скорость и ускорение в зоне предпосадочного маневрирования на малой высоте: ${v_{min}}^j \le v^j(t) \le {v_{max}}^j,\ {a_{min}}^j \le \dot{v}^j(t) \le {a_{max}}^j,\ \forall t \in [{t_0}^j, {t_k}^j]$.

Определение 2. Планом полета ВС с номером j назовем последовательность точек его маршрута, с указанием состояния в каждой точке маршрута:

[91] *Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-08-00822) и Программы I.30 Президиума РАН.*

$$Z^j = \left\{\left(lat_0{}^j, lon_0{}^j, v_0{}^j, t_0{}^j\right), \left(z_1{}^j, v_1{}^j, t_1{}^j\right), \ldots, \left(z_{i_j}{}^j, v_{i_j}{}^j, t_{i_j}{}^j\right), \left(lat_k, lon_k, v_k, t_k{}^j\right)\right\}.$$

Определение 3. План полета ВС с номером j назовем корректным, если в каждой точке маршрута $z_i{}^j, i = \overline{1, \iota_j}$ выполняются условия:

- скорость входит в заданный для точки диапазон: $v_{min}\left(z_i{}^j\right) \le v_i{}^j \le v_{max}\left(z_i{}^j\right)$;
- выполнены нормы эшелонирования между пролетающими через точку z_i ВС r и следующего за ним ВС j,: $t_i{}^j \ge t_i{}^r + S_{C_r,C_j}/v_i{}^j$, $i = \overline{1,L}$.
- каждый отрезок траектории может быть реализован без нарушения ограничений по скорости и ускорению;
- ВС прибывает в конечную точку в соответствии с оптимальным планом.

Определение 4. Расписанием полета группы ВС назовем совокупность корректных планов полетов для всех ВС.

Задача заключается в составлении расписания полета группы ВС или, если расписание составить не удалось, выводе о нереализуемости предложенного оптимального плана.

2 Расчет скорости вдоль траектории

Важную роль в построении расписания полета группы ВС играет алгоритм расчета скорости полета вдоль траектории, предложенный в работе [4].

На основе значений средней скорости $\overline{v} = L/T$, где L – общая длина маршрута, T – время прохождения маршрута, минимально возможной средней скорости $\overline{v}_{min}$, рассчитанной на основе ограничений и граничных условий:

$$\overline{v}_{min} = v_{min} + \frac{1}{2T}\left[\frac{(v_k - v_{min})^2}{a_{max}} - \frac{(v_{min} - v_0)^2}{a_{min}}\right],$$

и максимально возможной средней скорости $\overline{v}_{\max}$, рассчитанной на основе ограничений и граничных условий:

$$\overline{v}_{max} = v_{max} - \frac{1}{2T}\left[\frac{(v_0 - v_{max})^2}{a_{max}} - \frac{(v_{max} - v_k)^2}{a_{min}}\right]$$

можно выделить три ситуации:

1.Подобласть $\overline{v} \in (\overline{v}_{\max}, \infty)$.

При соблюдении начальных условий и заданных ограничений $\forall v(t)\ L > \int_0^T v(t)dt$

и, таким образом, ВС не успевает прилететь в конечное состояние в заданное время, поскольку траектория слишком длинная.

2.Подобласть $\overline{v} \in (\overline{v}_{\min}, \overline{v}_{\max})$.

Скорость, удовлетворяющая условиям, может быть рассчитана.

3.Подобласть $\overline{v} \in (-\infty, \overline{v}_{\min})$.

При соблюдении заданных ограничений, $\forall v(t)\ L < \int_0^T v(t)dt$, т.е. для решения задачи необходимо выбрать траекторию большей длины.

3 Алгоритм составления расписания

Шаг 1. Рассчитать для ВС с номером y_1 скорость полета вдоль траектории, проходящей через точки маршрута, и оптимальный план полета.

Шаг 2. Рассмотреть следующее ВС из оптимальной последовательности посадок. Если все ВС рассмотрены, то расписание составлено, завершение алгоритма.

Шаг 3. Рассчитать скорость полета для очередного ВС с номером j вдоль траектории, проходящей через точки маршрута, и оптимальный план полета.

Шаг 4. Рассмотреть очередную точку построенного оптимального плана полета $z_i{}^j, i = \overline{1, \iota_j}$. Если все точки рассмотрены, перейти к шагу 2.

Шаг 5. В рассматриваемой точке воздушного пространства $z_i{}^j$ рассчитать $T_i{}^j = t_i{}^{j-1} + S_{C_{j-1},C_j}$ – минимальное допустимое время пролета точки $z_i{}^j$, ВС с номером j , при котором выполнены условия

разделения с предыдущим ВС с номером j-1, пролетающим через точку ${z_i}^j$. Если ${t_i}^j < {T_i}^j$, то перейти к шагу 6, если ${t_i}^j \geq {T_i}^j$, то перейти к шагу 4.

Шаг 6. Рассчитать новый план полета для ВС с номером j, состоящий из 2 частей: от начальной точки до точки ${z_i}^j$:

$$Z^j{}_1 = \left\{\left({lat_0}^j, {lon_0}^j, {v_0}^j, {t_0}^j\right), \left({z_1}^j, {v_1}^j, {t_1}^j\right), \ldots, \left({z_i}^j, {v_i}^j, {T_i}^j\right)\right\}.$$

и от точки ${z_i}^j$ до конечной точки:

$$Z^j{}_2 = \left\{\left({z_i}^j, {v_i}^j, {T_i}^j\right), \ldots, \left({z_{i_j}}^j, {v_{i_j}}^j, {t_{i_j}}^j\right), \left(Lat_k, Lon_k, v_k, {t_k}^j\right)\right\}.$$

Если обе части плана полета успешно построены, то принять новый план и перейти к шагу 4, в противном случае перейти к шагу 7.

Шаг 7. Если план $Z^j{}_2$ успешно построен, то перейти к шагу 8. В противном случае ВС с номером j не успевает прилететь в конечную точку в заданное время и оптимальный план пролета конечной точки реализован быть не может, завершение алгоритма.

Шаг 8. Если удалось построить план $Z^j{}_1$, то принять новый план и перейти к шагу 4. В противном случае траектория от начальной точки до точки ${z_i}^j$ слишком короткая, рассчитывается нужная длина траектории. Если удлинение траектории на заданном участке маршрута реализуемо, то принять новый план и перейти к шагу 4. В противном случае оптимальный план пролета конечной точки реализован быть не может, завершение алгоритма.

Литература

1. *Вересников Г.С., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г.* Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 1. Методы точного решения. Проблемы управления, 2018, № 4. – С. 2-13.
2. *Г.С. Вересников, Н.А. Егоров, Е.Л. Кулида, В.Г. Лебедев* Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 2. Методы приближенного решения // Проблемы управления, 2018, № 5. – С. 2-13.
3. *Кулида Е.Л., Егоров Н.А., Лебедев В.Г.* Формирование оптимальных очередей воздушных судов на прилет / Материалы 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 2. С. 296-297.
4. *Баженов С.Г., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г.* Управление траекторией и скоростью самолета при заходе на посадку в условиях пересеченной местности – Проблемы управления. 2015. № 2. С. 45-51.

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ В УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНО-СВЯЗАННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

Курако Е.А., Орлов В.Л.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
kea@ipu.ru, ovl@ipu.ru

Аннотация: Рассматривается организация связей между документами в системах электронного документооборота. Показано, что при переходе к системам объектно-связанного документооборота взаимная связанность в системе повышается и проявляются неявные связи между объектами, которые позволяют проводить углубленный анализ процесса объединения объектов.

Ключевые слова: объектно-связанный документооборот, система электронного документооборота, связь, объект, документ.

Введение

Понятие объектно-связанного документооборота (ОСД) было впервые введено в работе [1]. Если обычная система электронного документооборота (СЭД) обычно подразумевает учет собственно сообщений, их взаимосвязей, и событий, с ними происходящих [2], то при использовании ОСД рассматривается и учитывается также изменение состояний объектов, описание которых присутствует в документах. Даже при отсутствии автоматизации организации документооборота применение ОСД позволяет объединять процесс движения документов и связанных с ними объектов. При этом документы связываются как между собой, так и с объектами, к ним относящимся. Здесь используется тип связи «многие ко многим». То есть каждый документ может быть связан с многими объектами, а каждый объект с многими документами. В реляционных базах это реализуется путем

введения промежуточной таблицы связи, в каждой строке которой содержится пара идентификаторов документа и объекта, связанных между собой. Но наиболее важным обстоятельством является то, что связанность системы в целом повышается.

Применение ОСД целесообразно в полицейских системах, где описание объектов (преступники, похищенные автомобили, оружие и др.) достаточно компактно и легко поддается формализации, а также в торговых сетях. При этом важно, чтобы содержание документов и объектов представлялось в формализованном виде, что обеспечит быструю и корректную обработку. Также существенно то, что формализация описаний документов и объектов повышает уровень достоверности информации, хранящейся в базах данных.

1 Связи документов и объектов

1.1 Организация связей между документами в СЭД

В СЭД документы связываются между собой двумя способами (рис.1):

- Первый способ. Дело. Каждый документ обычно связывается с делом. Дело по существу представляет собой папку, в которой находится документы, объединенные общим содержанием. В более общем случае папки могут включаться одна в другую и (или) быть связанными между собой. Но в данной работе эти усложненные варианты не рассматриваются;
- Второй способ. Цепочка переписки. В деле может быть размещено несколько входящих документов. При этом по каждому из них может начаться переписка. То есть на входящий документ регистрируется исходящий, далее на него получается ответ, но который в свою очередь может быть сформирован исходящий. Нужно отметить, что цепочки могут быть ветвящимися. То есть на один входящий документ может быть сформировано несколько входящих и на один исходящий получено несколько входящих.

Из рис.1 следует, что в одной папке могут присутствовать несколько цепочек переписки. Причем каждая из цепочек в свою очередь может ветвиться, образуя дополнительные подцепочки.

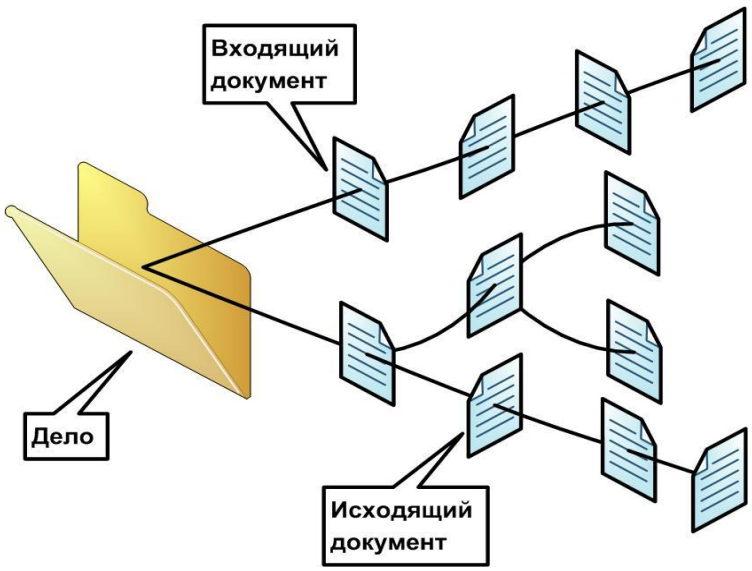


Рис. 1. Связи между документами в СЭД

В описании каждого документа определяется идентификатор дела (папки) к которому относится данный документ и идентификатор предыдущего документа в цепочке.

При таком способе устанавливаются связи между документами, принадлежащими одному делу, но не устанавливаются связи между документами разных дел.

1.2 Организация связей между документами и объектами в ОСД

ОСД характеризуется тем, что одновременно с документами в системе производится регистрация объектов, описание которых приводится в указанных документах. В связи с этим в ОСД документы не только фиксируются в делах и не только связываются между собой, но и устанавливают связи с объектами, к которым они относятся (рис.2).

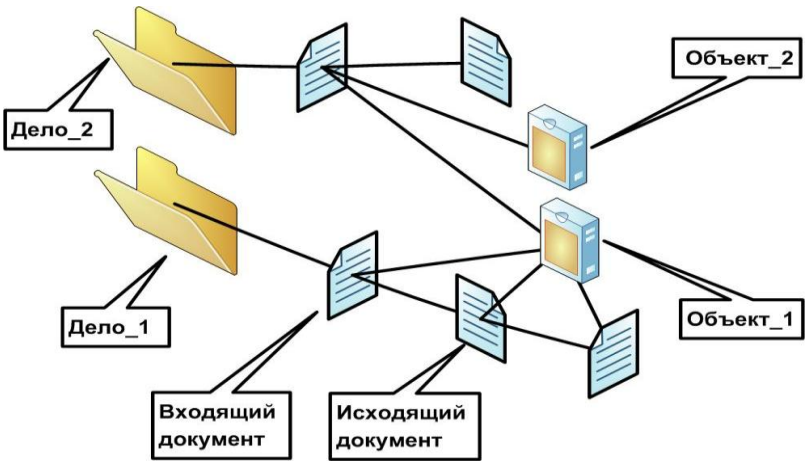


Рис. 2. Связь между документами и объектами в ОСД

Как видно из рис.2 взаимосвязанность системы в этом случае резко возрастает. Так при появлении Объекта_1, который связан с документами Дела_1 и по крайней мере с одним документом Дела_2, все документы Дела_1 и Дела_2 оказываются связанными между собой. Более того, здесь образуется новая информация: возникает опосредованная связь Объекта_1 и Объекта_2, которые явно не ссылаются друг на друга, но связаны через общий документ.

Особенно это интересно для задач, связанных с полицейскими расследованиями. Например, если Объект_1 представляет собой принтер с определенными характеристиками, Объект_2 – физическое лицо, связанное с похищением данного принтера, а документы в Деле_1 связаны с расследованием о фальшивомонетничестве, то нетрудно сделать предположение о связи похищенного принтера и производства фальшивых денежных знаков, а также определенное отношение похитителя принтера к фальшивомонетничеству.

Здесь важно то обстоятельство, что напрямую документы из различных папок (дел) не связаны между собой, но образуется новая неявная связь за счет упоминания какого-либо общего объекта в документах разных дел.

Важно отметить, что при проведении анализа более интересна связь между объектами. И если на приведенной выше схеме (рис.2) имеется 2-х шаговая связь между объектами (каждый из объектов ссылается на один документ), то на рис 3. Показана 4-х шаговая связь между Объектом_1 и Объектом_3.

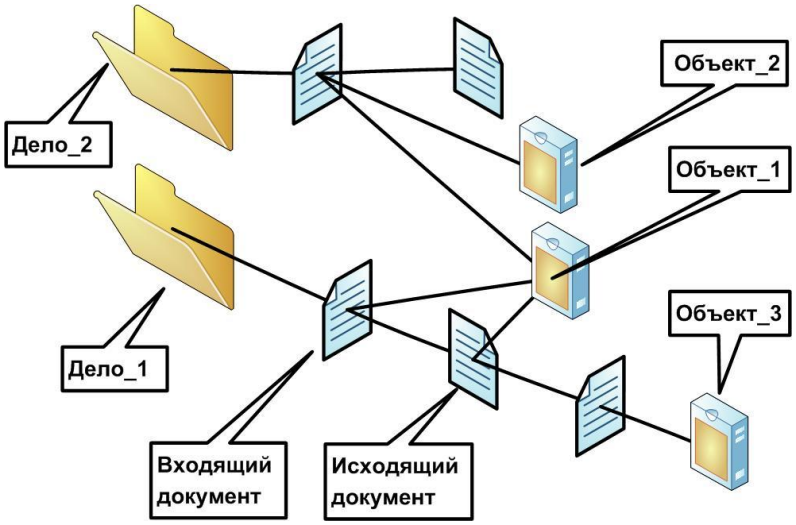


Рис. 3. Сложная связь между объектами в ОСД

Если в первом случае (рис.2) достаточно просто установить связь между Объектом_1 и Объектом_2, анализируя описание документа, на который ссылаются объекты, то во втором случае задача усложняется, так как нужно найти возможные пути от Объекта_2 к Объекту_3 (рис.3).

В связи с этим при проведении анализа целесообразно построить квадратную матрицу смежности $S=[s_{ij}]$, в которой отображены связи всех документов и объектов (элементов - e_i) по строкам и

столбцам [3]. Если какой-либо элемент связан с другим, то в соответствующей ячейке проставляется единица, если нет – ноль.

$$s_{ij} = \begin{cases} 1, & e_i \text{ связано с } e_j \\ 0, & e_i \text{не связано с } e_j \end{cases}$$

Матрицу смежности алгоритмически построить нетрудно, однако она показывает только связи соседних элементов, но при этом неочевидно, связаны ли элементы, достижимость которых может быть достигнута за два и более шагов. Эта задача может быть решена простым перебором, но более эффективно на основании матрицы смежности построить матрицу достижимости, используя выражение:

$S^* = S \vee S^2 \vee \ldots \vee S^n$, где n-размерность матрицы.

Таким образом, используя матрицу достижимости можно установить, с какими объектами связан каждый объект.

Заключение

Использование объектно-связанного документооборота увеличивает взаимосвязанность системы. При этом фиксируются связи между различными делами (папками) за счет установления связей с объектами, относящимися к документам, размещенным в разных папках. Благодаря учету связей между объектами, между документами, между документами и объектами появляется возможность установить неочевидные связи между объектами, которые не были связаны изначально.

Для проведения анализа взаимосвязей целесообразно использовать построение матрицы смежностей на основе таблиц базы данных с конвертацией ее в матрицу достижимости для вычисления всех элементов, связанных с выбранным.

Литература

1. *Курако Е.А., Орлов В.Л.* Системы объектно-связанного документооборота и организация их взаимодействия с бизнес-процессами. – М. Проблемы управления. 2017. № 2. С. 42-49.
2. *Краснянский М.Н. и др.* Проектирование информационных систем управления документооборотом научно-образовательных учреждений. - Тамбов. Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015, 214 с
3. *Кристофидес Н. (*1978) Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. 432 с.

БОРТОВАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ [92]

Кулида Е.Л.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
lenak@ipu.ru

Аннотация: Представлены модели и алгоритмы бортовой системы поддержки децентрализованного управления воздушным движением, предназначенной для помощи пилотам в получении точных и эффективных рекомендаций для обеспечения безопасности полетов и децентрализованной координации действий всех воздушных судов по планированию посадок.

Ключевые слова: концепция «свободный полет», алгоритмы обнаружения и разрешения конфликтов, планирование посадки самолетов, распределенная координация действий.

Введение

Для расширения транспортных возможностей и реализации увеличивающегося объема авиаперевозок необходимо внедрение передовых технологий в систему управления воздушным движением (УВД). В настоящее время для достижения этой цели ведется работа по двум основным направлениям исследований. Одна из основных задач заключается в разработке инструментов для улучшения работы существующей системы УВД. Более долгосрочные исследования направлены на разработку методов децентрализованного УВД.

Перспективная концепция УВД «свободный полет» [1] предоставит экипажам воздушных судов (ВС) и авиакомпаниям большую свободу в выборе траекторий движения, что позволит снизить

[92] *Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-08-00822) и Программы I.30 Президиума РАН.*

расход топлива и сократить время полета. Одной из основных проблем при введении «свободных полетов» является возможность чрезмерной перегрузки авиадиспетчеров, поскольку существующая система фиксированных маршрутов ограничивает возможность конфликтов, обеспечивая при этом когнитивную поддержку диспетчерам в их обнаружении. Выход может заключаться в автоматизации УВД с помощью бортовой системы поддержки децентрализованного УВД, при котором летные экипажи примут на себя ответственность за обеспечение безопасности полетов и планирования посадок.

В настоящее время концепция «свободный полет» далека от своего практического осуществления. Для ее реализации необходимо улучшить бортовую систему, чтобы помочь пилотам получать точные и эффективные рекомендации для обеспечения безопасности полетов.

Перспективная бортовая система поддержки децентрализованного УВД, с помощью бортовых устройств ADS-B имеющая доступ к информации о текущем местоположении и направлении движения каждого из окружающих ВС, должна решать следующие основные задачи:

- обнаружение и предотвращение конфликтных ситуаций в воздушном пространстве;
- планирование посадок ВС в автоматическом режиме;
- децентрализованная координация действий всех ВС;
- отображение информации о параметрах полета и состоянии ВС в удобной для экипажа форме.

1 Алгоритмы обнаружения и разрешения конфликтов

Системы обнаружения и разрешения конфликтов сложны и существует множество возможных конструктивных решений. В [2] представлен обзор 68 моделей обнаружения и разрешения конфликтов.

Различия между моделями относятся к следующим шести основным категориям:

1) типы разрешаемых конфликтов (горизонтальные, вертикальные или трехмерные);
2) метод прогнозирования динамического состояния (номинальный, наихудший, вероятностный, совместное использование планов траекторий);
3) порог для решения об обнаружении конфликта;
4) метод разрешения конфликтов (предписанный, оптимизированный, искусственного потенциального поля, ручной);
5) способы разрешения конфликтов (изменение скорости, боковые, вертикальные или комбинированные маневры);
6) управление несколькими конфликтами ВС (попарно или глобально).

Фаза разрешения конфликта требует собственного набора оценок текущего состояния, моделей траектории маневра разрешения конфликта и критериев принятия решения, которые могут отличаться от тех, которые используются на этапе обнаружения конфликтов.

В [3] представлен алгоритм, применимый для нескольких сценариев угроз, включая как воздушные, так и наземные угрозы. Полученное решение объединяет рекомендации как системы предупреждения столкновения самолётов в воздухе TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System), так и системы предупреждения столкновения с землёй TAWS (Terrain Awareness and Warning System). Представленное моделирование демонстрирует, что алгоритм дает надежные результаты как для ручного, так и для автономного режимов навигации.

2 Модель и алгоритмы планирования посадки самолетов

2.1 Построение траекторий подлета к зоне ожидания

При введении концепции «свободный полет» возникнет необходимость пополнить бортовую систему функцией построения траектории подлета к зоне ожидания из произвольной точки, в том числе, в гористой местности. Решению этой задачи посвящен ряд работ.

Разработан алгоритм построения кратчайших бесконфликтных траекторий подлета в зону ожидания из произвольной точки в условиях сложного рельефа местности с учетом ограничений маневренных возможностей ВС и ограничений на траекторию ВС [4].

Разработан алгоритм управления скоростью вдоль построенных траекторий с целью выдерживания необходимых норм эшелонирования между ВС [5].

Разработан алгоритм генерации траектории заданной длины при маневрировании в районе со сложным рельефом местности для случая, когда выдерживание необходимых норм эшелонирования между ВС с помощью управления скоростью на кратчайшей траектории невозможно в силу ограничений на скорость и ускорение [6].

Для отработки разработанных методов и алгоритмов, а также проведения имитационного моделирования разработан макет программного обеспечения системы обеспечения траекторной

безопасности полетов [7]. Оценка реализуемости и безопасности траекторий и их ранжирование реализуется на основе виртуальных полетов вдоль сгенерированных траекторий с рассчитанными скоростями с использованием бортовой математической модели самолета [8].

2.2 Планирование посадки самолетов

Задача планирования посадки самолетов – это задача определения времени посадки на взлетно-посадочную полосу для каждого ВС из данного набора ВС, при этом каждое ВС должно приземляться в течение заранее определенного временного интервала, и должны соблюдаться временные интервалы между приземляющимися ВС.

Для решения задачи возможно планирование приземления в порядке поступления «первым пришел - первым обслужен». Однако некоторые перестановки в естественной последовательности (например, перестановка тяжелого ВС за легким) могут позволить существенно улучшить заданные критерии качества. Поэтому при формировании оптимальной очереди на посадку приходится отступать от стратегии «первым пришел - первым обслужен» и выбирать новый порядок в очереди на основе решения задачи оптимизации. В литературе представлены точные и приближенные методы решения этой задачи, Основные из них – это методы линейного программирования, метод ветвей и границ, эвристические и метаэвристические методы.

В [9] приводится краткий обзор в историческом разрезе методов решения задачи, начиная с самых ранних работ. Затем подробно рассматривается подход к решению поставленной задачи линейного программирования с помощью линейной релаксации и решение задачи на основе метода ветвей и границ, дополненного методом, называемым «генерацией столбцов». В [10] дается обзор предлагаемых в мировой научной литературе перспективных алгоритмов оптимизации для приближенного решения задачи построения оптимальных очередей посадок ВС на одну или несколько взлетно-посадочных полос.

3 Распределенная координация системы взаимодействия

Для реализации децентрализованной посадки ВС требуется интегрировать алгоритм планирования посадки самолетов в бортовую систему. Однако интеграция алгоритма планирования в бортовую систему может давать только статическое решение по планированию для известного набора самолетов. Для достижения динамического решения планирования посадки, когда необходимо перепланирование при изменениях в распределенной среде, в бортовую систему необходимо интегрировать модуль распределенной координации системы взаимодействия. Распределенная координация играет важнейшую роль в успехе децентрализованной операции посадки ВС.

Группа ВС может координировать свои действия посредством прямой и явной связи друг с другом, в частности, при помощи обмена сообщениями между ВС с использованием бортового оборудования ADS-B. Однако этот подход применим только для распределенного планирования посадки самолетов для простых сценариев воздушного движения с участием небольшого числа ВС, поскольку для достижения решения требуется большое число переговоров.

В системах, основанных на парадигме «публикация–подписка» реализуется промежуточное программное обеспечение, называемое службой уведомлений, которое является логическим посредником между издателями и подписчиками. Это позволяет избежать необходимости для каждого издателя знать каждого возможного подписчика. И издатели, и подписчики общаются только при помощи службы уведомлений. Издатель публикует данные в службе уведомлений, не заботясь о наличии подписчиков, нуждающихся в этих данных. Подписчики подписываются на данные в службе уведомлений. При наличии публикаций данные начинают поступать подписчикам.

В [11] анализируется возможность децентрализованного планирования посадки ВС на одну взлетно-посадочную полосу в неконтролируемом аэропорту, где не предоставляется диспетчерское обслуживание, на основе распределенной координации действий.

Литература

1. *Марьин Н.П.* Перспектива внедрения концепции "свободный полет" // Проблемы безопасности полетов. 2009, № 5. С. 42-55.
2. *Kuchar J.K., Yang, L.C.* A Review of Conflict Detection and Resolution Modeling Methods // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 1. 2000, № 4. – P. 179-189.
3. *Melega M., Lazarus S., Savvaris A.*, Tsourdos A. Multiple Threats Sense and Avoid Algorithm for Static and Dynamic Obstacles // J Intell Robot Syst. 2015, 77. – P. 215-228.
4. *Кулида Е.Л.* Формирование безопасных траекторий полета на малых высотах в условиях сложного рельефа местности // Материалы Пятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD'2011. – Москва: ИПУ РАН, 2011. – С. 143-152.

5. *Баженов С.Г., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г.* Управление траекторией и скоростью самолета при заходе на посадку в условиях пересеченной местности // Проблемы управления. – 2015, № 2. – С. 45-51.
6. *Кулида Е.Л., Лебедев В.Г.* Генерация траекторий заданной длины при предпосадочном маневрировании воздушного судна в условиях сложного рельефа местности // Проблемы управления. – 2017, № 4. – С. 59-64.
7. *Алешин Б.С., Баженов С.Г., Лебедев В.Г., Кулида Е.Л.* Прототип системы обеспечения траекторной безопасности полета // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. - Москва: ИПУ РАН, 2014. – С. 3351–3361.
8. *Алешин Б.С., Баженов С.Г., Лебедев В.Г., Кулида Е.Л.* Использование бортовой математической модели для оценки реализуемости и безопасности траекторий самолета//Проблемы управления .– 2013, № 4. – С. 64-71.
9. *Вересников Г.С., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г.* Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 1. Методы точного решения // Проблемы управления. – 2018, № 4. – С. 2-13.
10. *Вересников Г.С., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г.* Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 2. Методы приближ-о решения // Проблемы управления. – 2018, № 5. – С. 2-13.
11. *Ding Y.* Decentralized Aircraft Landing Scheduling at Single Runway Non-Controlled Airports. – Doctoral dissertation, Texas A&M University, 2007.

АЛГОРИТМЫ ЭКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ [93]

Мандель А.С.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
almandel@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается проблема создания систем поддержки принятия решений (СППР) в условиях неопределенности. Отмечено, что во многих прикладных задачах наиболее адекватным математическим средством анализа действий СППР в условиях неопределенности являются экспертно-статистические методы обработки информации. Основное внимание уделяется методам повышения уровня достоверности работы СППР. Описывается разработанный для этого испытательный стенд.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, условия неопределенности, экспертно-статистическая обработка информации, испытательный стенд.

Введение

Исследуется задача создания системы поддержки принятия решений (СППР) [1, 2] в условиях неопределенности. Во многих случаях использование термина «неопределенность» означает, что процесс принятия решений осуществляется в отсутствие исходной математической модели ситуации принятия решений. Более того, нередко даже в результате накопления достаточной для построения более или менее точной модели статистической информации выясняется, что выработанные по такой модели рекомендации по принимаемым решениям отвергаются лицами, принимающими решения (ЛПР). Это означает, что в формируемой в результате обработки собранной информации математической модели отсутствуют некие важные для процесса принятия решений атрибуты, которые на интуитивном уровне известны экспертам. При этом в роли ЛПР, как правило, выступают высококвалифицированные эксперты по той предметной области, к которой относится создаваемая СППР.

Очерченный выше класс систем требует для своего исследования, а также проектирования соответствующих СППР математического инструмента, развитого в работах автора настоящего доклада [3, 4] и получившего название экспертно-статистической обработки информации. Одним из важнейших средств экспертно-статистической обработки является так называемый метод аналогов [5 – 7], применение которого позволяет организовать конструктивный диалог между экспертом-пользователем и СППР. На основании такого диалога осуществляется уточнение модели и повышается степень адекватности вырабатываемых СППР вариантов решений. Чтобы оценить эти точность и степень адекватности необходимо ставить серьезные и дорогостоящие эксперименты с СППР, цена которых в значительной степени обусловлена тем, что к участию в них привлекаются высоко оплачиваемые специалисты-эксперты.

[93] *Работа частично поддержана грантами РФФИ, проекты № 17-07-00492 а и № 16-29-12895 офи-м*

Настоящая работа развивает результаты исследований [6] и [8] по созданию вспомогательной по отношению к СППР системы, которую в дальнейшем будет называть испытательным стендом.

1 Испытательный стенд, как средство анализа эффективности СППР

Функция испытательного стенда (имитационной системы) состоит в моделировании действий экспертов (в дальнейшем, сокращенно Э) при прогнозировании временных рядов с использованием метода аналогов. Система моделирует такие действия Э, как выбор аналогов, принятие решений о корректировке списка аналогов, а также решений о непосредственной корректировке значений прогнозного ряда. С помощью различных параметров система имитирует особенности поведения Э, обладающих различными психологическими характеристиками и уровнями профессионализма, включая такие, как степень профессионализма, склонность к завышению («оптимист») или занижению («пессимист») прогнозов и т. д. Имеется два режима работы с системой, представляющих два варианта ее применений. Первый вариант – «интерфейсный» – позволяет отслеживать каждый шаг процедуры моделирования, просматривать все промежуточные решения системы и выводить окончательные результаты прогнозирования в виде таблиц и графиков. Второй вариант системы – автоматический – сводится к выполнению большого числа сеансов моделирования, в результате чего в базе данных (БД) системы накапливается значительный объем статистической информации, на основании которой можно формировать более или менее определенные выводы о качественных характеристиках исследуемого способа формирования прогнозов.

В работе обсуждаются: количество выбираемых Э объектов-аналогов; реакция Э на малое расхождение между прогнозом и фактическими значениями временных рядов; реакция Э на значительное расхождение между прогнозом и фактическими значениями временных рядов; ручная корректировка прогнозов, построенных на основе аналогов; длина прогнозного ряда; момент последней корректировки прогноза. Вводится и исследуется конструкция групп похожести.

2 Настраиваемые параметры имитационного стенда

Приводится описание основных параметров, заложенных в имитационный стенд.

К числу таких параметров относятся:

- Минимальное и максимальное число аналогов.
- Вероятность «случайной» корректировки экспертом списка аналогов.
- Реакция системы на несоответствие между статистическими данными и прогнозом.
- Область безразличия.
- Вероятность изменения значений прогноза.
- Число прогнозных точек, значения которых могут быть скорректированы.
- Число точек, которые учитываются при выборе аналогов.
- Длина прогнозного периода.
- Последняя корректировка списка аналогов.
- Число групп похожести.
- Границы групп похожести.
- Вероятности удаления объектов, входящих в группы похожести, из списка аналогов.
- Профессионализм эксперта.
- Склонность эксперта к завышению или занижению прогноза.
- Параметр, использующийся при вычислении среднеквадратического отклонения скорректированного значения прогноза.

Заключение

Описан испытательный стенд (система имитационного моделирования), предназначенная для экспериментальной оценки степени адекватности математических моделей, используемых в системах поддержки принятия решений (СППР).

Литература

1 .*Трахтенгерц Э.А.* Компьютерная поддержка принятия решений. М.: СИНТЕГ, 1998.

2. *Трахтенгерц Э.А*. Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений. М.: СИНТЕГ, 2003.

3. *Мандель А.С.* Экспертно-статистические системы в задачах управления и обработки информации: часть I. // Приборы и системы управления, 1996, N°12.

4. *Мандель А.С.* Экспертно-статистические системы в задачах управления и обработки информации: часть II. // Приборы и системы управления, 1997, N°1.

5. *Беляков А.Г., Мандель А.С.* Прогнозирование временных рядов на основе метода аналогов (элементы теории экспертно-статистических систем). Препринт. М.: ИПУ, 2002.

6. *Мандель А.С.* Метод аналогов в прогнозировании коротких временных рядов: экспертно-статистический подход. // Автоматика и телемеханика. 2004. №4.
7. *Mandel A.* Expert-Statistical Data Processing Using the Method of Analogs / Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2017, Moscow). M.: IEEE, 2017. Vol. 1. P. 147-151.
8. *Мандель А.С.* Моделирование действий экспертов в процессе принятия ими прогностических решений. // Автоматизация в промышленности, 2004, № 7 – С.50–54.

РАЗМЕЩЕНИЕ РЕПЛИК МАССИВОВ ДАННЫХ В НЕНАДЕЖНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ, ОПТИМАЛЬНОЕ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ВРЕМЕНИ ДОСТУПА К ДАННЫМ

Микрин Е.А.[1], Сомов С.К.[2]

[1] *ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева», г. Королев, ул. Ленина, 4а*
Eugeny.Mikrin@rsce.ru,
[2]*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65, стр.1.*
ssomov2016@ipu.ru

Аннотация: Рассматривается проблема оптимального размещения реплик взаимосвязанных массивов данных в распределенной системе. Каналы связи в системе ненадежны. В качестве критерия оптимизации применяется минимум времени ответа системы на запросы к данным. Предлагается эвристический алгоритм решения задачи оптимизации.

Ключевые слова: распределенная система обработки данных, ненадежные каналы связи, оптимальное распределение реплик массивов данных.

Введение

При проектировании распределенных систем обработки данных (РСОД) необходимо выполнить различные требования к их характеристикам. Наиболее важные требования следующие: 1) приемлемое время обработки запросов к данным системы, 2) высокий уровень сохранности информации, 3) требуемый уровень надежности работы системы. Использование в РСОД репликации массивов данных системы позволяет выполнить эти требования. Задачи поиска оптимального распределения реплик по узлам сети обладают большой вычислительной сложностью (NP). Поэтому для их решения используются различные методы, которые уменьшают их вычислительную сложность [1-5]. В докладе рассматривается задача оптимального размещения реплик взаимосвязанных массивов данных по узлам РСОД с ненадежными каналами связи. В качестве критерия оптимизации используется минимум среднего времени обработки запросов.

1 Формальная модель распределенной системы обработки данных

В узлах РСОД выполняются несколько прикладных процессов (задач) разных типов. Частота решения задач задана. Каждая задача генерирует некоторый трафик информационных запросов и запросов на модификацию данных в репликах. Информационный запрос маршрутизируется в ближайший узел с необходимой для его обработки репликой. Запрос на модификацию данных массива данных маршрутизируется во все узлы с репликами этого массива.

Компьютерная сеть, на базе которой работает РСОД, состоит из N узлов. Топология сети задана взвешенным графом $G = (X, \Gamma)$, для дуг которого определены их длины. РСОД использует M ($m = \overline{1, M}$) массивов данных. Сеть передачи состоит из Φ ($\varphi = \overline{1, \Phi}$) ненадежных каналов связи с заданными для них пропускными способностями C_φ. При передаче единицы данных по каналу связи φ-м ошибка может возникнуть с вероятностью $q_\varphi^* = 1 - \rho_\varphi^*$, ($\varphi = \overline{1, \Phi}$). Успешная доставка сообщения подтверждается квитанцией ACK (ACKnowledgement). Пусть t_{ACK} – это время ожидания узлом-отправителем квитанции ACK от узла-адресата. Если за время t_{ACK} узел-отправитель не получил квитанцию ACK, то сообщение передается повторно. Полагаем, что размер квитанции ACK незначителен, она передается за пренебрежимо малое время, и вероятность ошибки при ее передаче равна нулю.

В системе решается несколько задач, принадлежащих одному из J типов. Частота решения задач определяется матрицей $F^* = \left\| f_{nj}^* \right\|$ ($n = \overline{1, N}$; $j = \overline{1, J}$) , где f_{nj}^* - частота решения задачи j-го типа в

n-м узле. Матрица $E^* = \|e^*_{jm}\|$, задает частоту e^*_{jm} генерации j-й задачей j-го информационных запросов к m-му массиву данных. Матрица $U^* = \|u^*_{jm}\|$ определяет частоты u^*_{jm} запросов на модификацию данных. Полагаем, что время T_{pr} обработки любого запроса в любом узле одинаково.

Между всеми парами вершин графа G определяются кратчайшие пути посредством одного из известных алгоритмов (например, алгоритмы Флойда — Уоршелла, Беллмана – Форда, [6]). В итоге для графа G определяется матрица $SP = (sp_{nk})_{N\times N}$ кратчайших путей, где sp_{nk} - это длина кратчайшего пути/маршрута между узлами n и k.

Элементы матрицы $A = \|a_{nm}\|, (a_{nm} \in \{0,1\})$ определяют распределение реплик по узлам системы. Элемент a_{nm} равен 1, если в n-м узле размещена реплика m-го массива. Каждый массив данных может иметь несколько реплик, размещенных в разных узлах.

Матрица $B = \|b_{nkm}\|$, размерности $N \times N \times M$, задает «близость» узлов сети. Элемент $b_{nkm} \in \{0,1\}$, и $b_{nkm} = 1$, если в узле k размещена реплика массива данных m, а узел k является ближайшим узлом для узла n.

Заданы значения: средней длины $\bar{l}^q_m$ информационного запроса к массиву m-го типа, и $\bar{l}^r_m$ - средняя длина ответа на этот запрос, $\bar{\bar{l}}^q_m$ - средней длины $\bar{\bar{l}}^q_m$ запроса на модификацию m-го массива, и $\bar{\bar{l}}^r_m$ - средней длины ответа на этот запрос.

2 Формулировка оптимизационной задачи размещения реплик в узлах системы.

Необходимо найти распределение A реплик M массивов данных в узлах распределенной системы такое, чтобы обеспечивалось минимальное значение функционала F(A) задачи: $F(A) = \tilde{T} + T_{pr} + \tilde{T}$

здесь: $\tilde{T}$ - среднее время передачи запроса пользователя в узел с репликой массива данных, T_{pr} – среднее время обработки запроса, $\tilde{T}$ – среднее время передачи ответа на запрос.

Таким образом, необходимо найти минимум функционала F(A): $min\, F(A) = min(\tilde{T} + T_{pr} + \tilde{T})$

В задаче используются ограничения:

ограничение на затраты OP_{cost} на функционирования системы: $OP_{cost} \le COST_{MAX}$

ограничение RN_{MAX_n} на максимальное количество реплик в узлах системы.

$$\sum_{m=1}^{M} a_{nm} \le RN_{MAX_n}, \qquad n = \overline{1,N}$$

3 Величина средней задержки сообщений в распределенной системе

Значение средней задержки сообщений в системе определяется с учетом ненадежности каналов связи. В каждом из двух произвольных узлов сети i и k могут решаться задачи пользователей и храниться реплики. Информационные запросы адресуются из узла i в узел k, если узел k это ближайший и он имеет реплику нужного массива.

Во всей сети в единицу времени генерируется трафик Y сообщений, величина которого равна:

$$Y = \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\left(y^q_{ik} + y^r_{ik}\right)$$

Средняя длина $1/\mu$ сообщений, передаваемых по каналам сети, равна:

$$1/\mu = Y^{-1}\left\{\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} f^*_{ij}\left[\sum_{m=1}^{M} a_{km} * d^1 + \sum_{m=1}^{M} a_{im} * d^2\right]\right\},$$

$$d^1 = \left(\bar{l}^q_m * e^*_{jm} * sp_{ik} + \bar{\bar{l}}^q_m * u^*_{jm}\right), d^2 = \bar{\bar{l}}^q_m * e^*_{jm} * sp_{ki} + \bar{\bar{l}}^r_m * u^*_{jm}$$

В распределенных системах с ненадежными каналами связи с вероятностью $q^*_\varphi = 1 - \rho^*_\varphi$ при передаче единицы данных в φ-м канале может возникнуть ошибка. Вероятность $q_\varphi = 1 - \rho_\varphi$ возникновения ошибки в φ-м канале при передаче сообщения со средней длиной $l = \mu^{-1}$ равна:

$$q_\varphi = 1 - \rho_\varphi = 1 - \left(1 - q^*_\varphi\right)^l = 1 - \left(\rho^*_\varphi\right)^l$$

Фактическая пропускная способность C'_φ ненадежного канала связи равна:

$C'_\varphi = \mu^{-1}/t'_\varphi$, где $t'_\varphi = \rho_\varphi T^*_\varphi + \left(t_{ACK} + \rho_\varphi T^*_\varphi\right) q_\varphi \left(1 - q_\varphi\right)^{-1}$, где $q_\varphi = 1 - \left(\rho^*_\varphi\right)^l$

Среднее время T'_φ задержки сообщения в φ-м ненадежном канале связи будет равно:

$T'_\varphi = 1 / \left(\mu C'_\varphi - \lambda^*_\varphi\right)$

Тогда, в системе с ненадежными каналами величина $\tilde{T}$среднего времени задержки сообщения при передаче по каналам сети равна:

$$\tilde{T} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\frac{\gamma_{ik}}{\gamma}\tilde{Z}_{ik}\ , \qquad \text{где} \quad \tilde{Z}_{ik} = \sum_{\varphi=1}^{\Phi} x_{ik}^{\varphi} * T'_{\varphi}$$

Здесь $\tilde{Z}_{ik}$ – значение средней задержки сообщения, передаваемого по ненадежным каналам связи сети из узла i в узел k.

4 Алгоритм решения задачи

Для решения сформулированной задачи, имеющей большую вычислительную сложность, предложен эвристический алгоритм, подробно описанный в докладе. Алгоритм реализован на языке программирования C++ (MS Visual Studio). Алгоритм используется в автоматизированном комплексе поддержки принятия решений по обеспечению сохранности данных в распределенных системах. Использование алгоритма позволяет улучшать время реакции системы на запросы на 5-8% и сокращать издержки на эксплуатацию системы на 8-10%.

Литература

1. *Чернышев Г.А.* Обзор подходов к организации физического уровня в СУБД // Труды СПИИРАН. 2013. - Санкт-Петербург, 2013. Вып. 1(24). – С. 222 – 275.
2. *Azzam Sleit and oth.* A Dynamic Object Fragmentation and Replication Algorithm In Distributed Database Systems // American Journal of Applied Sciences. 2007.Vol. 4 (8). P.613-618.
3. *Loukopoulos T., Ahmad I., Papadias D.* An Overview of Data Replication on the Internet // Proceedings of the International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks (ISPAN.02). 2002. 6 p.
4. *Sahoo J., Salahuddin M.A., Glitho R.* A Survey on Replica Server Placement Algorithms for Content Delivery Networks // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2016. – P. 30. URL: https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1611/1611.01729.pdf (дата обращения 2018-07-06).
5. *Mansouri N.* Adaptive data replication strategy in cloud computing for performance improvement // Frontiers of Computer Science. 2016. — Vol. 10, N 5. — P. 925-935.
6. *Cormen T.H., et al.* Introduction to Algorithms, Third Edition // The MIT Press, 2009. — 1313 p.

РАСШИРЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ USB АТАК

Мамченко М.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65
markmamcha@gmail.com,

Сабанов А.Г.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская д. 5 стр. 1
asabanov@mail.ru

Аннотация: В открытых источниках описаны классификации уязвимостей и угроз USB интерфейса, при этом кибератаки обычно рассматриваются в общем, и отдельно USB атакам практически не уделяется внимания. В статье рассматривается текущее состояние исследований в данной области и предлагается единая классификация USB атак.

Ключевые слова: USB, атаки, классификация.

Введение

В современных условиях обеспечение информационной безопасности – краеугольный камень стабильного роста организаций, высокого уровня репутации, доверия со стороны пользователей/клиентов, а также гарантии сохранности сетевой ИТ-инфраструктуры и конфиденциальных данных.

В настоящее время постоянно выявляются все новые и новые способы совершения кибератак, зачастую с готовым программным решением в рамках подтверждения гипотезы (proof-of-concept). Кроме того, активно проводятся исследованию по поиску новых способов применения уже известных атак. В связи с этим возникает необходимость их обобщения, анализа и классификации. Это позволяет сформировать (уточнить) требования к системам защиты и, возможно, сократить их

стоимость и издержки на развертывание. Более того, в случае совершения несанкционированных действий злоумышленником тщательный анализ атаки позволяет сделать вывод об уровне подготовки злоумышленника, его цели и принадлежности к какой-либо преступной группе.

В данной работе внимание уделяется исключительно USB интерфейсу. Цель работы заключается в том, чтобы проанализировать известные системы классификации кибератак и USB атак, оценить их эффективность и применимость и предложить собственную единую систему классификации USB атак.

1 Анализ текущего состояния в области классификация USB атак

Описание и классификация атак обычно осуществляется в рамках анализа и составления моделей угроз. В источнике [1] представлена универсальная модель киберугроз, составленная на базе уже известных (AVOIDIT Cyber Attack Taxonomy, Common Attack Pattern Enumeration and Classification, CNI Cyber Taxonomy, Common Language Security Incident Taxonomy, Military Activities and Cyber Effects Taxonomy). Частью данной модели является система классификации кибератак, проводимая по следующим основаниям: «по способу внедрения», «по используемым средствам», «по уровню автоматизации» и «по совершаемым действиям».

Ниже представлен список других рассматриваемых систем классификации кибератак:

1. В источнике [2] основное внимание уделяется оценке урона, наносимого атакой.
2. В исследовании [3] рассматриваются только внутренние атаки (атаки инсайдеров), их классификация осуществляется только по объекту воздействия.
3. В работе [4] представлена общая классификация кибератак по следующим основаниям: «намерения злоумышленника» и «используемые средства».

Кроме того, существуют работы, посвященные исследованию исключительно USB атак. Однако, например, в работе [5] система классификации содержит только одно основание – «по типу используемого оборудования». Другая группа исследователей рассматривает USB атаки исключительно как нарушения взаимодействия иерархических уровней: приложений, драйверов, порта (интерфейса) и устройств [6]. Схожим способом классифицируются USB атаки и в статье [7], при этом основное внимание уделяется их функциональным особенностям, так что основание классификации можно назвать «по вектору атаки»: уровень приложений, транспортный и физические уровни дополнены пользовательским, USB атаки рассматриваются как практическая реализация угроз со стороны инсайдеров и "внешних" злоумышленников.

На рисунке 1 представлены различные подходы к классификации кибератак (в целом) и USB атак (в частности). Очевидно, что основания классификаций не пересекаются. Однако существующие базовые классификации относятся ко всем кибератакам и не адаптированы под особенности атак USB интерфейса, а известные системы классификации USB атак имеют малое количество оснований. Таким образом, возникает необходимость создания обобщенной универсальной системы классификации USB атак, учитывая текущие результаты проделанных работ.

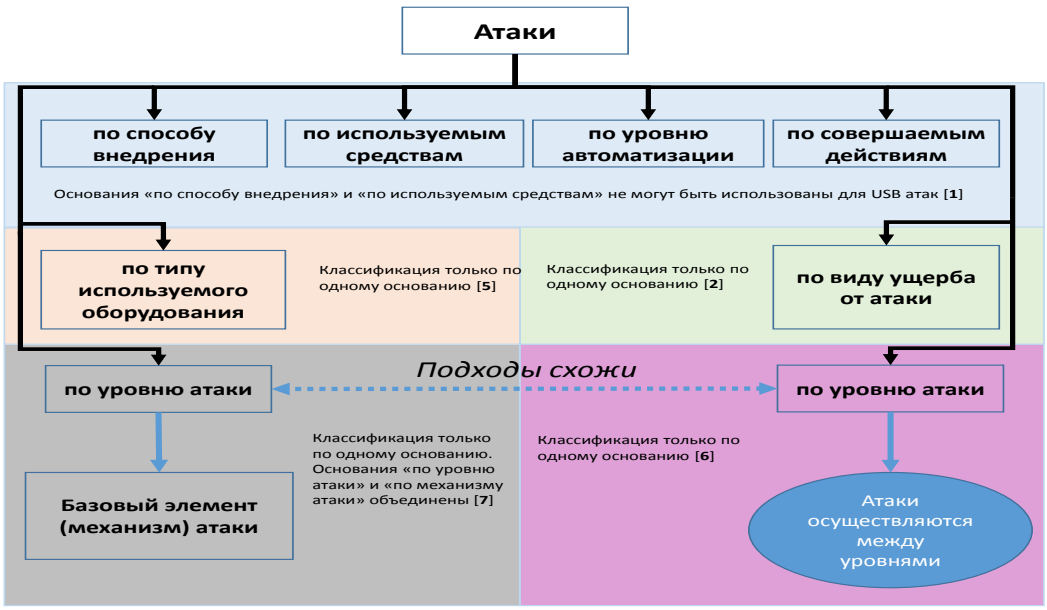


Рис. 1. Рассмотренные системы классификации кибератак и USB атак

2 Разработка единой системы классификации USB атак

Проанализировав вышеуказанные источники, содержащие различные системы классификации кибератак и USB атак, полагаем целесообразным внедрить в разрабатываемую классификацию следующие основания: «по механизму атаки», «по источнику угрозы», «по уровню воздействия» – из источника [7], «по используемым средства» – из работы [5], «по типу ущерба от атаки» – из статьи [2].

Кроме того, на данном этапе предлагается внести авторские измерения и дополнения в систему классификации:

добавить не описанные ранее основания: «по намерениям злоумышленника», «по объекту воздействия», «по уровню скрытности», «по уровню сложности атаки», «по серьезности последствий»;

дополнить известные примеры из основания «по используемым средствам» (программируемые микроконтроллеры; перепрограммируемое периферийное оборудование; периферийное оборудование без перепрограммирования; электрические устройства [5]) следующими: «специальное аппаратное оборудование» и «вредоносные программы». Использование этого основания делает возможным классификацию так называемых атак по сторонним каналам (например, перехват побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) и всех атак, связанных с программным обеспечением (вирусы, троянские программы и т.д.);

дополнить основание «по совершаемым действиям» [1] примерами «уничтожение оборудования», «осуществление перехвата» и «вызов неправильного функционирования/отказа в обслуживании». Например, устройство USB Killer просто уничтожает оборудование; регистрация и анализ ПЭМИ от USB устройств осуществляется за счет его перехвата; USB атаки на сервер RDP (RDP – Remote Desktop Protocol, протокол удаленного доступа) через службу «RemoteFX USB Redirection» с помощью устройства BadUSB может рассматриваться как целенаправленные действия по вызову отказа в обслуживании);

все основания предлагаемой классификации объединены к единую систему с учетом специфики USB атак.

На рисунке 2 представлена разработанная система классификации.

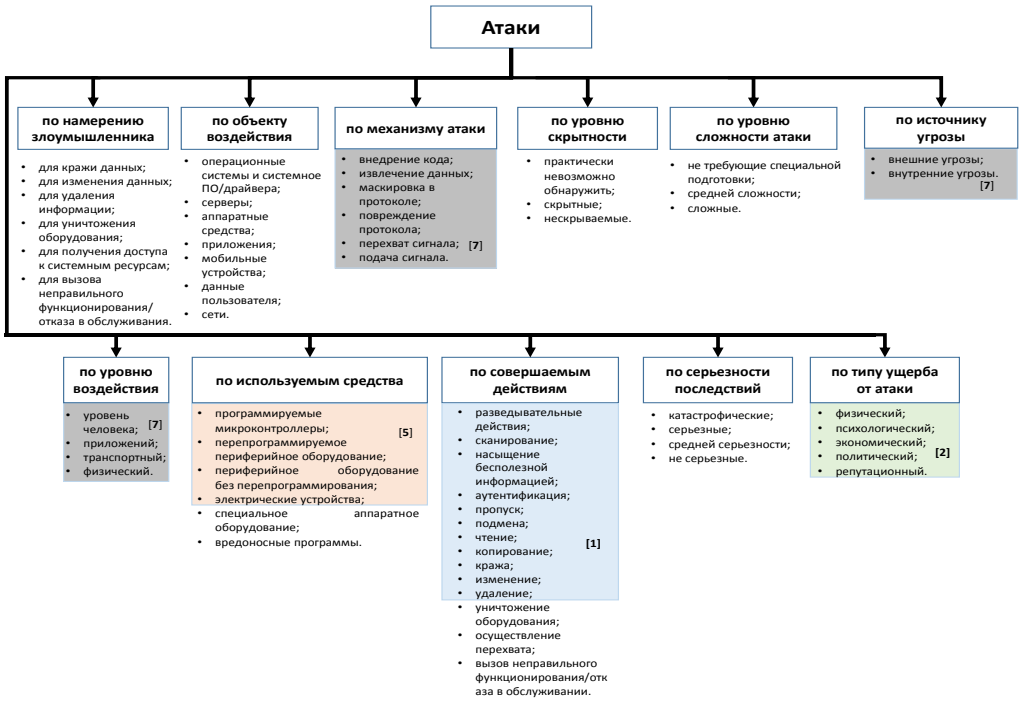


Рис. 2. Рассмотренные системы классификации кибератак и USB атак

Классификация любой из атак по всем вышеуказанным основаниям одновременно позволяет оценить уровень подготовки и оснащения злоумышленника (злоумышленников), спрогнозировать последствия атаки и оценить ее возможные векторы. В некоторых случаях появляется возможность выявить связь злоумышленника с определенной группой (с учетом особенностей атаки). Кроме того,

тщательный анализ и классификация атак позволяет наметить способы противодействия им и выявить недостатки в системе обеспечения информационной безопасности целевых объектов.

Литература

1. State-of-the-Art in Cyber Threat Models and Methodologies, March 2016, Bell, Canada, http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc225/p803699_A1b.pdf, last accessed 2019/06/15.

2. SWIFT Institute Working Paper NO. 2016-002. The Cyber Security Ecosystem: defining a Taxonomy of existing, emerging and future Cyber Threats. Jason Ferdinand, Richard Benham, https://swiftinstitute.org/wp-content/uploads/2017/10/SIWP-2016-002_Cyber-Taxonomy_-Ferdinand-Benham-_vfinal2.pdf, last accessed 2019/06/15.

3. Homoliak I., Toffalini F., Guarnizo J., Elovici Y., Ochoa M. Insight Into Insiders and IT: A Survey of Insider Threat Taxonomies, Analysis, Modeling, and Countermeasures // ACM Computing Surveys. Vol. 52. 2019. – P. 30:1-30:40.

4. Reference Incident. Classification Taxonomy. Task Force Status and Way Forward. January 2018. European Union Agency For Network and Information Security, https://www.enisa.europa.eu/publications/reference-incident-classification-taxonomy/at_download/fullReport, last accessed 2019/06/15.

5. Nissim N., Yahalom R., Elovici Y. USB-based attacks // Computers&Security. Vol. 70. 2017. – P. 675-688.

6. Fu J., Huang J., Zhang L. Curtain: Keep Your Hosts Away from USB Attacks // Information Security. ISC 2017. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 10599. 2017. – P. 455-471.

7. Tian J., Scaife N., Kumar D., Bailey M., Bates A., Butler K. SoK: "Plug & Pray" Today – Understanding USB Insecurity in Versions 1 Through C // 2018 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). Vol 6. 2018. – P. 1032-1047.

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ БЕЗОПАСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Михалевич И.Ф.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
mif-orel@mail.ru

Аннотация: Доклад посвящен проблемам разработки программного обеспечения для объектов цифровой экономики и значимых объектов критической информационной инфраструктуры. Методология разработки ориентирована на совместное удовлетворение требований по обеспечению безопасности и технологической независимости в течение всего жизненного цикла программного обеспечения и созданных на его основе информационно-управляющих систем.

Ключевые слова: безопасность программного обеспечения, критическая информационная инфраструктура, метод доверия, метод разработки, информационно-управляющая система, технологическая независимость программного обеспечения.

Введение

В значительном числе случаев условия нарушения безопасности информационных систем, автоматизированных систем управления, информационно-телекоммуникационных сетей возникают в связи с недостаточным вниманием безопасности используемого в них программного обеспечения (ПО). Не редки случаи, когда функции безопасности начинают встраиваться на конечных этапах разработки при тестировании и исправлении ошибок ПО. Такой метод разработки нельзя признать безопасным, несмотря ни на какие уверения.

В условиях возрастающей сложности информационно-управляющих систем (ИУС), составляющих основу национальных цифровых экономик и критических информационных инфраструктур, неизмеримо растет сложность ПО, равно как и цена нарушения его безопасности. В связи с этим методология разработки ПО должна не только учитывать, но и, в определенной степени, подчиняться требованиям безопасности, быть ориентированной на обеспечение безопасности ПО на всех этапах его жизненного цикла. Это влечет необходимость уточнения (изменения) методов разработки ПО с целью повышения оперативности выявления и устранения возможных нарушений безопасности. Реализация концепции безопасного ПО затрагивает не только его разработку, но и процессы создания и функционирования АИУ, а также влечет изменения в сферах профессиональной подготовки лиц, участвующих в разработке ПО, принятии ПО в эксплуатацию, эксплуатации и техническом сопровождении ПО.

1 Методы разработки безопасного программного обеспечения

Безопасным является ПО, которое было разработано с использованием совокупности мер, направленных на предотвращение появления и устранение его уязвимостей [1]. Под уязвимостью

понимается недостаток ПО, который может быть использован для реализации угроз безопасности информации [2]. Недостатком может быть любая ошибка, допущенная в ходе проектирования или реализации программы, которая в случае ее неисправнения может стать причиной ее уязвимости [1].

Появление уязвимостей ПО может быть связано с недостатками в процессах разработки ПО (уязвимости кода, архитектуры, многофакторные), его внедрения, эксплуатации и сопровождения (уязвимости конфигурации, организационные, многофакторные).

Сведения о уязвимостях могут быть предоставлены производителями и сообществами разработчиков ПО. Они могут распространяться регуляторами в области безопасности. Так, например, сведения о уязвимостях ПО аккумулированы в банке данных угроз безопасности информации ФСТЭК России [3], где их поиск может осуществляться как по основным или дополнительным признакам.

При разработке методов разработки и обеспечения безопасности ПО следует учитывать национальные цели и приоритеты, подчиненные им меры по реализации внутренней и внешней национальной политики в сфере применения информационных и коммуникационных технологий. Так, например, в настоящее время реализация внутренней и внешней политики РФ в сфере применения информационных и коммуникационных технологий направлена на развитие информационного общества, формирование национальной цифровой экономики, обеспечение национальных интересов и реализацию стратегических национальных приоритетов [4].

Изменения национальных целей и приоритетов неизбежно влечет изменение критериев безопасности ПО, изменение или уточнение методов его разработки и использования. Об этом свидетельствуют, например, [4], Указ Президента США от 11.05.2017 г. «Об усилении кибербезопасности федеральных сетей и критической инфраструктуры», другие многочисленные нормативные акты РФ, США, ЕС, Китая, других стран и союзов.

Так, например, принятие [4] повлекло уточнение содержания термина и критериев безопасности ПО в РФ. Безопасным будет признано ПО, сертифицированное на соответствие требованиям к информационной безопасности, устанавливаемым уполномоченными федеральными органами исполнительной власти РФ в области обеспечения безопасности противодействия техническим разведкам и технической защиты информации.

Более того, требование безопасности ПО рассматривается совместно с требованием технологической независимости. Согласно [4] технологически независимым является ПО, которое может быть использовано на всей территории РФ, обеспечено гарантийной и технической поддержкой российских организаций, не имеет принудительного обновления и управления из-за рубежа, модернизация которых осуществляется российскими организациями на территории РФ и которые не осуществляют несанкционированную передачу информации, в том числе технологической.

Оба названных требования применяются совместно и совокупно образуют вектор критериев безопасности ПО сложных ИУС. Их несоблюдение исключает возможность признания ПО безопасным, его применение в составе сложных ИУС, таких, например, как значимые объекты критической информационной инфраструктуры, запрещено.

Сложные ИУС подвержены риску нарушения безопасности вследствие многих факторов, возникающих в течение всего жизненного цикла, когда «старение» ИУС проходит на фоне роста типов и видов атак. Увеличение числа потенциальных уязвимостей, сбоев и нарушений обеспечения безопасности ИУС может быть вызвано, в том числе, недооценкой угроз, неудовлетворительной организацией процессов разработки, модернизации и установки обновлений ПО.

В таких условиях владельцы ИУС должны быть не просто уверенными, а определенным образом доверять тому, что использование или развертывание ПО является безопасным, функционирование ПО создает надежные результаты, а меры и средства контроля и управления безопасностью ПО установлены и функционируют должным образом в изменяющихся условиях функционирования ИУС.

Следует учесть, что в контексте безопасности ПО термины «доверие» и «уверенность» не являются идентичными. Следуя подходу, изложенному в [5], примем, что уверенность отражает убежденность в безопасности ПО и является предметом восприятия отдельным лицом специфических требований безопасности и информации, полученной в результате оценки, о том, что ПО удовлетворяет установленным требования.

В отличие от уверенности доверие должно быть основано на доказанной способности ПО обеспечивать выполнение цели безопасности. Основания для утверждения доверия ПО должны базироваться на результатах действий, связанных с проектированием и оценкой безопасности.

Основания доверия должны быть оформлены сертификатом или иным надлежащим национальным документом, отражающим результаты оценки безопасности ПО. Такое свидетельство должно включать в себя аргумент доверия, документацию и другие соответствующие рабочие материалы, подтверждающие результаты оценки.

Угрозы, уязвимости и риски безопасности не статичны. Это требует управления ими в течение жизненного цикла ПО, иначе доверие к ПО может быть утрачено. В связи с этим методы разработки ПО необходимо интегрировать с методами менеджмента рисков безопасности и выявления уязвимостей и угроз, что обеспечит сохранение заданного уровня доверия к безопасности ПО, уверенность в том, что ПО реализует и не нарушает принятую политику безопасности.

Приемлемое доверие означает удовлетворение специальных заранее установленных требований путем выполнения соответствующих процедур и действий по обеспечению доверия в рамках выбранного метода его обеспечения. Совокупные требования доверия определяются исходя из требований безопасности и других факторов [5].

При разработке требований доверия необходимо учитывать факторы возможного влияния на безопасность, возникающие в связи с интересом к сфере применения ПО. Методология разработки безопасного ПО предполагает также проведение анализа конфиденциальности активов, уязвимостей и угроз ИУС, оценку рисков для реализации и корректировки существующих и предполагаемых мер обеспечения безопасности разработки и применения ПО. Недостижение заданного уровня реализации мер влечет пересмотр требований доверия к безопасности ПО, исходя из назначения ИУС. Требования доверия безопасности ПО могут отличаться для различных ИУС вследствие особенностей их назначения и условий функционирования. Одно и то же ПО, пригодное для одних ИУС, может не соответствовать другим ИУС, поскольку для них может быть необходимым удовлетворение других требований доверия.

До последнего времени требования разработки безопасного ПО чаще всего рассматривались в контексте создания защищенных ИУС специального назначения [6-8]. Сегодня, в условиях IoT, Big Date, кибервойск и иных изменившихся условий функционирования сложных АИУС требования безопасности ПО должны стать обязательными и трактоваться таким же образом, как и требования функциональных возможностей, качества и удобства в эксплуатации. Сами же требования безопасности непременно должны быть согласованы с допустимыми пределами остаточного риска уязвимости ПО, как это предложено, например в [9, 10]. В докладе представлено сравнение сфер действия ПО и безопасности ПО, выделены элементы, требующие защиты.

Вопросы безопасности ПО необходимо рассматривать с первых шагов и на всем протяжении его разработки, как это предусмотрено, например, методом SSA (Software security assurance). Данный метод предполагает встраивание функций безопасности на каждом шаге разработки, их совместное тестирование с основными функциями ПО и устранение совместно возникающих ошибок. В докладе представлены процессы жизненного цикла ПО, для которых должна обеспечиваться защита, предложены этапы жизненного цикла разработки безопасного ПО. Предотвращение появления и устранение уязвимостей ПО должно осуществляться во всех процессах жизненного цикла ПО. В докладе приводится анализ мер по разработке безопасного ПО и его сопровождению.

Заключение

Изменение условий функционирования сложных ИУС требует непрерывного внимания к вопросам обеспечения безопасности ПО. Предложенные методы доверия безопасности ПО и разработки безопасного ПО ориентированы на снижение риска нарушения информационной безопасности ИУС в течение их жизненного цикла за счет своевременного выявления угроз и уязвимостей ПО и реализации мер по их устранению.

Литература

1. ГОСТ Р 56939-2016. Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования. Меры по разработке безопасного программного обеспечения. - М.: Стандартинформ, 2016.
2. ГОСТ Р 56546-2015. Защита информации. Уязвимости информационных систем. Классификация уязвимостей информационных систем. - М.: Стандартинформ, 2015.
3. База данных уязвимостей. - http://bdu.fstec.ru/vul.
4. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы (утверждена Указом Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203).
5. ISO/IEC TR 15443-1:2012. Information technology - Security techniques - Security assurance framework - Part 1: Introduction and concepts. - ISO/IEC: 2012.
6. Проблемы безопасности программного обеспечения. Под ред. П.Д. Зегжда. - СПб: Издательство СПбГТУ, 1995.

7. *Казарин О.В.* Безопасность программного обеспечения компьютерных систем. - М.: МГУЛ, 2003. - 212 с.
8. *Михалевич И.Ф.* Требования, принципы, практика создания отечественных аппаратно-программных платформ для автоматизированных систем в защищенном исполнении критической информационной инфраструктуры Российской Федерации // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. - 2018. Том 22, вып. 4. – с. 11- 30.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27034-1-2014. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Безопасность приложений. Часть 1. Обзор и общие понятия. - М.: Стандартинформ, 2015.
10. *Барабанов А.В., Марков А.С., Цирлов В.Л. 2*8 магических мер разработки безопасного программного обеспечения // Вопросы кибербезопасности. 2015. № 5(13). - С. 2-10.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ “УМНЫЙ ГоРОД” КАК ЧАСТЬ НОВОГО ЭФФЕКТИВНОГО ГОРОДСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Морозова С.С., Мальцева Д.А.

Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная д.7-9
s.s.morozova@spbu.ru, d.maltseva@spbu.ru

Аннотация: В данном исследовании анализируются отличительные характеристики модели “умный город”, проблемы и новые возможности городского управления; подчеркивается значимость smart технологий и сложность их реализации; формулируются необходимые условия для успешной имплементации модели “умный город” и обеспечения ее эффективности на российской почве.

Ключевые слова: публичная политика, государственное управление, сетевое общество, умный город, информационно-коммуникационные технологии, инновационная инфраструктура.

На сегодняшний день понятие “Smart city” - “умный город”- прочно закрепилось в исследованиях ряда научных отраслей. Под ним подразумевается взаимосвязанная система информационных и коммуникационных технологий, благодаря которой значительно упрощается система управления городом и повышается уровень жизни населения.

“Умные города” также могут быть определены как системы, объединяющие следующие направления (оси) в едином городском пространстве[94]:

- Умные люди;
- Умное управление.
- Умное проживание;
- Умная мобильность;
- Умная экономика;
- Умная окружающая среда;

Эти 6 осей основаны на теориях конкурентоспособности региона, эффективном использовании природных ресурсов, системы интеллектуальной транспортной мобильности и ICT в городской экономике, приоритете формирования человеческих и социальных капиталов, улучшения качества жизни населения и активации участия граждан в городском управлении.

Используя сетевой и компаративистский подходы к городскому управлению, мы сформулируем необходимые условия для эффективной имплементации концепции “умный город” на российской почве. Применение сетевого подхода подразумевает коренное изменение в идеологии управления, переходе от бюрократической модели государственного управления Макса Вебера к модели общественного управления, которое сосредотачивается на критерии эффективности.

Сравнительный подход позволит провести анализ теоретических обоснований понятия “умный город” и рассмотреть примеры успешной реализации проекта “умный город” в сравнительной перспективе.

В Российской Федерации интерес к проекту “умный город” обусловлен возрастанием технологических и социально-экономических проблем на фоне быстрого городского развития:

- увеличение нагрузки на инфраструктуру,

[94] *R.A. Shichiyakh, D.A. Klyuchnikov, S.P. Balashova, S.N. Novoselov and N.N. Novosyolova. Smart City as the Basic Construct of the Socio-economic Development of Territories// in International Journal of Economics and Financial Issues, 6(S1). 2016. – P. 157-162.*

- устаревание институтов управления,
- увеличение транспортных проблем,
- устаревание планирования решений,
- увеличение плотности населения,
- возрастание давления на окружающую среду,
- потеря национального самосознания гражданами и так далее.

В процессе имплементации проекта “умный город” органы государственной власти могут столкнуться со следующими проблемами:

- организационные (правовые и регулирующие барьеры, отсутствие координации между участниками процесса внедрения “умного города”);
- финансовые, связанные с отсутствием финансовых ресурсов;
- инфраструктурные, отражающие отсутствие необходимой инфраструктуры для внедрения проекта “умный город”;
- технологические (плохое качество Интернет-соединения или его отсутствие на некоторых территориях Российской Федерации)
- Навыки IT (отсутствие сотрудников с необходимыми навыками, отсутствие программ обучения IT).

Принимая во внимание вышеизложенные проблемы, мы предлагаем следующие рекомендации по успешному внедрению модели “умный город” с целью повышения эффективности государственного управления:

Во-первых, необходимо гарантировать качество и доступность городской инфраструктуры ICT.

Во-вторых, умное управление должно осуществляться при непосредственном участии граждан, поэтому оно должно быть “отзывчиво” и прозрачно.

В-третьих, необходимо пробудить в гражданах интерес к применению умных технологий. ICT является средствами для функционирования “умного города”, но они неэффективны при отсутствии компетентных пользователей. “Умный город” должен не только предоставить доступ к «умным» устройствам для всех категорий людей с разными уровнями дохода и различных возрастных групп, но также и обучить их работать с этими устройствами.

В-четвертых, необходимо преодолеть регулирующие барьеры. Крупномасштабные системы “умного города” будут функционировать гармонично только на основе строгого соблюдения единых стандартов.

В-пятых, необходимо использовать опыт внедрения успешно реализуемых “умных” городских технологий.

На сегодняшний день многие крупные города мира (Нью-Йорк, Шанхай, Сеул, Сингапур, Токио, Амстердам, Дубай, Коччи, Каир, Малага) успешно осуществляют индивидуальные «умные» проекты. Некоторые городские инициативы нацелены на поддержку окружающей среды и защиту природных ресурсов. Так, в Амстердаме акцент сделан на укрепление экологической устойчивости на основе более рациональной организации работ, использование новейших технологий с целью сокращения вредных выбросов в атмосферу, более эффективное потребление энергии. В других городах принимаются меры по преобразованию широкого спектра городских функций к «умным», на основе использования «умных» технологий во всех сферах жизни общества. Примеры такой стратегии - проект Deutsche Telekom «Т-город» в Германии (начатый в 2006) и Город Электронного проекта Интеграции (u-город) в Республике Корея (начатый в 2004). Умный проект Сеула выполнен в целях преобразования городского управления к более «умному» и улучшения качества жизни населения.

Следует отметить, что модель “умный город” отличается в Европе и Азии. У европейских стран обычно превалирует социальный параметр, в то время как у Азиатских стран прослеживается технологический характер. Например, город Вена сосредотачивается на заботе о населении и балансе общественного интереса. Стратегия “умной Вены” представляет собой массивный проект, включающий преобразования к “умному” зданий, транспорта, сферы образования и управления. “Умные” отрасли Дубая - транспорт; электричество; государственные службы; экономические услуги; инфраструктура; коммуникации и городское планирование.

Наконец, для эффективного внедрения умных городских технологий необходимо гарантировать высокий уровень финансирования этих проектов из средств городского бюджета. Однако только самые богатые города (Вена, Дубай) могут самостоятельно реализовывать свои индивидуальные “умные” проекты. В целом местным властям необходимо использовать различные формы государственно-частного партнерства, привлекая представителей бизнес-структур к софинансированию проектов “умного города”.

Приведенные условия могут стать основанием для сравнительного анализа эффективности реализации умных городских стратегий в разных странах, а также могут использоваться местными властями в качестве ключа к успешному внедрению умных городских технологий.

Литература

1. *Shichiyak R.A., Klyuchnikov D.A., Balashova S.P., Novoselov S.N., Novosyolova N.N.* Smart City as the Basic Construct of the Socio-economic Development of Territories// in International Journal of Economics and Financial Issues, 6(S1). 2016. – P. 157-162.

COORDINATED PRODUCTION AND MAINTENANCE SCHEDULING FOR AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Nekrasov Ivan

Laboratory of Scheduling Theory and Discrete Optimization (Lab 68),
V.A. Trapesnikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia
ivannekr@mail.ru

Abstract:This paper is dedicated to industrial scheduling and reveals two opposite practical realizations of the named problem: production scheduling and maintenance scheduling. Typically production and maintenance schedules are generated by different IT-systems independently and in fact are in conflict to each other (production system tends to load resources with tasks and maintenance system wants to put them into unavailable state). One of the most widely distributed practices is generating the maintenance schedule in advance and using it as the predefined fixed set of restrictions for production scheduling. However according to numerous practical examples maintenance schedules usually have some potential for adjustment (moving activities to earlier or later time) with no critical loss of maintained equipment reliability. This gives an additional optimization potential when both schedules are generated as a result of a common generalized problem solution. This paper discusses the approach how formalize a coordinated maintenance and production scheduling problem and estimates the possible benefits of its implementation at the industrial enterprise.

Keywords: production scheduling, maintenance scheduling, availability timeframes, MES-systems, linear programming, integer programming, precedence graph, relaxation, fake order.

1 Introduction

Though the primary production control and asset maintenance systems both belong to the MES-level of industrial IT hierarchy, their local objectives are in fact often formulated as antagonistic to each other. In details this can be shown as the differentiating results of both systems outputs that are based on the same input information. Thus, the production system targets to put the resource to a “busy” or “work-in-process” state during the defined period of time. The maintenance system functions in a totally opposite way trying to put the resources into the “out-of-service” or “unavailable” status.

Obviously the unavailable resource can not be allocated by the production system which brings these scheduling systems into a conflict. The situation represented is typical for industrial enterprise: the production schedule has to be impaired to fit the restrictions dictated by the maintenance schedule when the resources are unavailable. This research is devoted to several methods of finding a compromise between maintenance and production schedules that in total improves the productivity of the entire enterprise.

2 Joining Production and Maintenance Schedules

The operations of the maintenance schedule are usually not sensitive to time fluctuations and afford reasonable shifts in both directions – earlier or later. Having the maintenance schedule $\left\langle t_{r\,m}^{beg} \quad t_{r\,m}^{end} \right\rangle$ let us introduce the possible time gap $\Delta t_{r\,m}$ for each maintenance operation m of each resource r ($m = 1,...,M_r$, $r = 1,...,R$):

$$\left\langle t_{r\,m}^{beg} \quad t_{r\,m}^{end} \right\rangle \in \left[\ \left\langle t_{r\,m}^{beg} - \Delta t_{r\,m} \quad t_{r\,m}^{end} - \Delta t_{r\,m} \right\rangle ; \ \left\langle t_{r\,m}^{beg} + \Delta t_{r\,m} \quad t_{r\,m}^{end} + \Delta t_{r\,m} \right\rangle \ \right]$$

Current research describes how to incorporate the deviation of maintenance operations into two most usable production scheduling models: continuous and discrete [1]. Author proposes two approaches – relaxation and “fake order” – and compares their usability and efficiency.

Relaxation approach

The first and most simple way to utilize the flexible unavailability schedule is to organize the solution in iterative "relaxation" mode. The principle of relaxation is quite simple and for our case assumes two main stages:

- generating the initial solution of the scheduling problem with no maintenance stops based on basic models.
- flexible settling the maintenance operations between the production schedule steps according to the time limits of each stop.

The second step worsens the initial production schedule and the objective of optimization is to find the settlement that gives the smallest impact to the optimization criteria.

Fake order method

The alternative approach is to create a fake order for the resources that are supposed to be under maintenance. For this type of formalization let us introduce the maintenance precedence graph GM that is the entity similar to the production graph: matrix $GM = \langle gm_{ij} \rangle$ of size $J \times J$. The element of matrix $gm_{ij} = 1$ in case the operation j follows the operation i. In all other cases the element $g_{ij} = 0$. These formulas are fair for all $i = 1, \ldots J$ and $j = 1, \ldots J$. For both discrete and continuous time based problems fake order means creating additional variables and restrictions that are of the same kind that the restrictions of the initial models.

Conclusion

As we can see from the argumentation above coordinating the maintenance and production scheduling procedures can be naturally conducted by expanding the basic scheduling problem with additional variables and restrictions. The "fake order" technique is considered as primary by the author who assumes it will bring additional optimization potential to the Job Shop Scheduling.

References

1. *Artigues, C.; Demassey, S.; Neron, E.; Sourd, F.* Resource-Constrained Project Scheduling Models, Algorithms, Extensions and Applications; Wiley-Interscience: Hoboken, NJ, USA, 2008.
2. *Meyer, H.; Fuchs, F.; Thiel, K.* Manufacturing Execution Systems. Optimal Design, Planning, and Deployment; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 2009.
3. *Jozefowska, J.;Weglarz, J.* Perspectives in Modern Project Scheduling; Springer: New York, NY, USA, 2006.
4. *Manne, A.S.* On the Job-Shop Scheduling Problem. Oper. Res. 1960, 8, 219–223, doi:10.1287/opre.8.2.219.
5. *Jones, A.; Rabelo, L.C.* Survey of Job Shop Scheduling Techniques. In Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering; National Institute of Standards and Technology: Gaithersburg, ML, USA, 1999. Available online: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.37.1262&rep=rep1&type=pdf (accessed on 30 May 2019).
6. *Taravatsadat, N.; Napsiah,* I. Application of Artificial Intelligent in Production Scheduling: A critical evaluation and comparison of key approaches. In Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia, 22–24 January 2011, pp. 28–33.
7. *Hao, P.C.; Lin, K.T.; Hsieh, T.J.; Hong, H.C.; Lin, B.M.T.* Approaches to simplification of job shopmodels. In Proceedings of the 20th Working Seminar of Production Economics, Innsbruck, Austria, 19–23 February 2018.
8. *Trevisan, L.* Combinatorial Optimization: Exact and Approximate Algorithms; Stanford University: Stanford, CA, USA, 2011.
9. *Cormen, T.H.; Leiserson, C.E.; Rivest, R.L.; Stein, C.* Introduction to Algorithms, 3rd ed.; Massachusetts Institute of Technology: London, UK, 2009.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ РОССИИ

Новиков С.В.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Россия, г. Москва Волоколамское ш. д.4

a.a.rabinovich@mail.ru

Аннотация: Кадровый дефицит в экономике развитых стран сегодня усугубляется неблагоприятной демографической ситуацией. Автором дан ряд предложений с целью создания благоприятных условий для карьерного роста научных кадров на рынке труда, стимулирования притока молодых кадров в научную сферу, сферу образования и высоких технологий.

Ключевые слова: карьерный рост, ротация кадров, исследователь, кадровый дефицит, профессиональная карьера, управление персоналом.

Введение

С возрастанием роли науки в экономически развитых странах, становится все более важным постоянное обновление социально-профессиональной структуры общества, сопровождаемое не только повышением профессиональной мобильности, но и потребностью непрерывного образования работников многих отраслей экономики и сферы услуг. Однако инерция и консерватизм социально-профессиональной структуры как органической составляющей геронтологического процесса не позволяют в полной мере раскрыть этот объективный процесс [8].

Стремление к повышению динамичности социальной структуры превращается в ускорение смены поколений путем установления верхних возрастных пределов занятости и значительного омоложения кадров. Этот процесс не всегда приводит к положительным результатам, так как инновационное производство нуждается не только в молодых специалистах, но и в высококвалифицированных сотрудниках, обладающих современными знаниями и развитыми адаптационными способностями [2].

В результате ощущается острая нехватка специалистов инновационного склада, умеющих сочетать производство с научным творчеством в целях повышения конкурентоспособности на международном рынке товаров и услуг. Таким образом, проблемы динамики профессиональной структуры выходят за пределы национальных рамок в области международной миграции [6].

Кадровый дефицит, испытываемый экономиками развитых стран (прежде всего в сфере интеллектуальной деятельности), усугубляется неблагоприятной демографической ситуацией. В России это связано не только с естественным снижением рождаемости, но и продолжающееся негативное влияние "демографической ямы": к 2019 году количество выпускников уменьшилось на 35-40% [1].

1 Методология

Методический аппарат исследования включает общенаучные и экономические методы, представляет собой синтез абстрактно-теоретического анализа, системного, факторного и структурно-функционального анализа, логического подхода, статистических методов, имитационного моделирования, ситуационного и количественного подходов. Использованы также частные методические средства экономико-математического моделирования и другие.

Информационной и нормативно-правовой базой исследования являлись: статистические материалы, отчетные данные органов исполнительной власти; материалы монографий и публикаций периодической печати, интернет-ресурсы ведущих научно-исследовательских центров России, результаты собственных исследований, а также: Указы Президента России, постановления Федерального правительства, другие нормативны правовые и методические документы органов законодательной и исполнительной власти всех уровней власти Российской Федерации, в том числе программные документы [7].

2 Результаты

В современном мире роль человеческого фактора в решении задач ускорения социально-экономического развития страны постоянно возрастает, предъявляются новые требования к специалистам, в связи с чем обостряются проблемы, связанные с формированием личности преподавателя и навыков профессионального взаимодействия. Жизнедеятельности в условиях такого роста тарифов требует полного функционирования его как личности: способности к самоопределению, к личностному и профессиональному самосовершенствованию.

В педагогической среде требуются люди, у которых развита способность принимать ответственные решения в ситуациях выбора, прогнозировать их возможные последствия, готовые к сотрудничеству, творческой деятельности, открытые опыту и осознающие свою самооценку [5].

Проблема профессионального и личностного роста преподавателя университета до сих пор недостаточно исследована, хотя развитие его профессиональной деятельности находится в фокус психологии [3]. Таким образом, отмечается, что наряду с общей и интеллектуальной культурой, связанной с позитивным развитием личности, для педагога важно иметь культуру коммуникация и социальное взаимодействие, основанные на уважении достоинства другого человека и самосохранении.

С 2010 по 2017 год произошло сокращение численности исследователей в следующих областях науки: естественные – на 10,5%, технические – на 0,23%, сельскохозяйственные – на 18,78%. За этот же период можно отметить рост численности исследователей в общественных науках на 26,34% и в гуманитарных на 8,8 %.

Важной кузницей кадров науки является аспирантура. Однако по причине влияния "демографической" ямы, которое продлится до 2020 года, источники формирования работников интеллектуального труда будут сокращаться. Осуществленные в 2017 году среднесрочный и долгосрочный прогнозы иллюстрируют следующую ситуацию [4].

В сравнении с 2010 годом, к 2025 году ожидается сокращение, ведущих подготовку аспирантов. Соответственно, за этот же период численность выпуска из аспирантуры сократится (см. Рисунок 1).

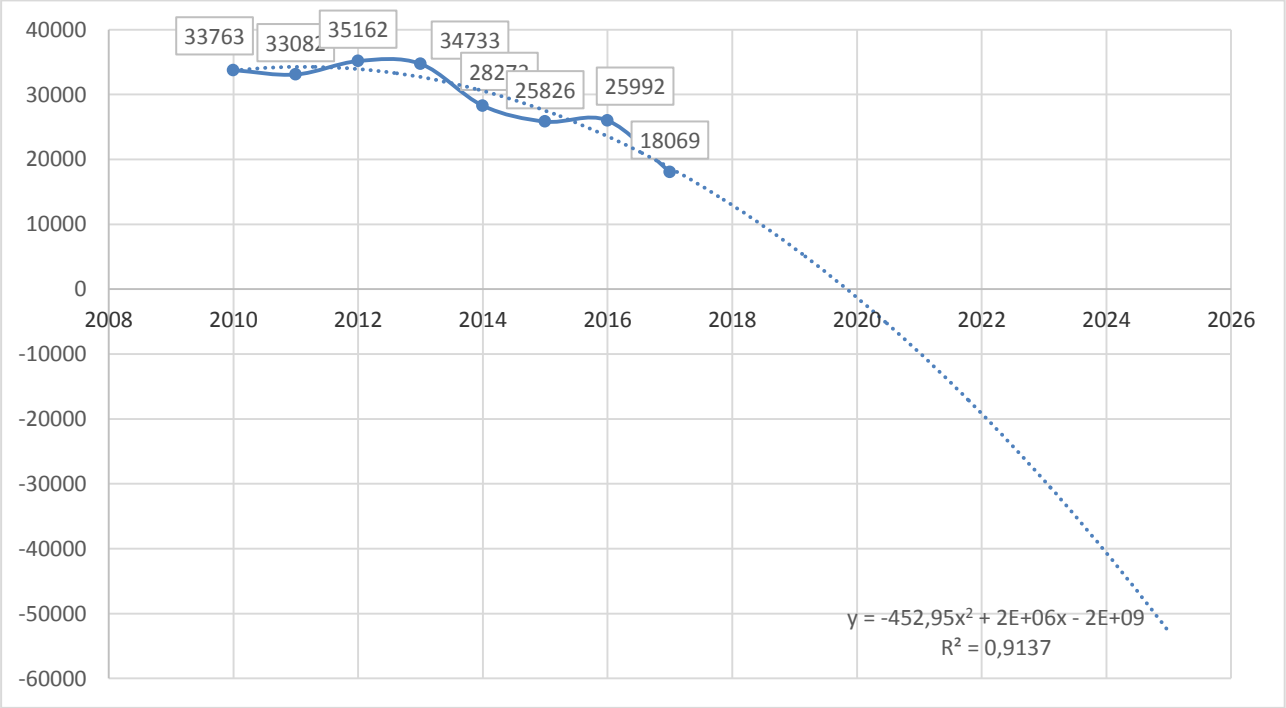


Рис. 1. Выпуск из аспирантуры Российской Федерации и прогноз до 2025 года, человек

Вывод

Высвобождающийся профессорско-преподавательский персонал может быть привлечен в науку, однако эффект такого шага неизвестен, так как неизвестен научный потенциал высвобождающегося состава преподавателей. Таким образом, при сохранении нынешних условий комплектации персонала исследовательских организаций, желаемого увеличения численности исследователей до 2025 года не предвидится.

Принимая решение поступить в аспирантуру, не менее половины аспирантов связывают этот шаг с намерением в будущем заняться наукой. Это хороший показатель, который практически не меняется с 2000 года. Как свидетельствуют результаты исследования, за прошедшие 19 лет иерархия мотивов поступления в аспирантуру в целом не изменилась. Прежде всего, это желание заниматься наукой или преподавать в вузе. Однако среди тех, кто при поступлении в аспирантуру имел намерение после ее окончания профессионально заниматься научной работой, к завершению обучения в аспирантуре сохраняют это намерение не более 30% (еще треть вместо ученого желают стать преподавателем вуза, а треть – уйти на производство).

Удельный вес выпускников аспирантуры, защитивших диссертацию в 2017 г., относительно общего выпуска аспирантов в этом же году составил 8,9%, что меньше, чем в 2000 году (17,4%). «Холостая» работа, с точки зрения подготовки специалистов интеллектуального труда высшей квалификации, характерна для аспирантуры во всех областях науки, но особенно – в социальных науках. Примечательно, что почти 43,5% аспирантов специализируются в области гуманитарных и социальных наук, тогда как доля исследователей, работающих в этой сфере, составляет немногим более 5% .

Следовательно, для повышения карьерного роста преподавателя вуза, считаю необходимо материально поддерживать аспирантов, стимулировать их интерес к достижению научных открытий. Отметим, что профессиональное развитие в рамках профессии преподавателя вуза имеет свою специфику: выбор пути карьерного роста зависит от интересов, профессиональных установок и мотивов профессиональной деятельности. Следовательно, карьера – закономерный результат успешной профессиональной деятельности преподавателя, направленной на реализацию личностного и делового потенциала, связанной с системой его жизненных ценностей. Таким образом, именно в педагогической профессии развитие профессионально-личностного потенциала и материальное стимулирование аспирантов – непременное условие достижения профессионализма, карьерного продвижения.

Литература

1.Boser R.A., Palmer J.D., Daugherty M.K. Students' Attitudes toward Technology in Selected Technology Education Programs // Journal of Technology Education. Vol. 10. 1998, № 1. – P.4-16.

2. Fedotova M.A., Tikhonov A.I., Novikov S.V. Estimating the Effectiveness of Personnel Management at Aviation Enterprises // Russian Engineering Research. Vol. 38. 2018, № 6. – P.466-468.

3. Глузман Н.А., Горбунова Н.В. Профессионализм педагога: успешность и карьера // Монография 2017.

4. McWhirter E. H., Hackett G., Bandalos D.L. A causal model of educational plans and career expectations of Mexican American high school girls // Journal of Counseling Psychology. Vol. 45. 1998, № 2. – P.166-181.

5. Nichols R.W. Ethical currents in a career in science and technology: A case study R.W. Nichols // Technology in Society. Vol. 32. 2010. – P.18-24.

6. Novikov S.V. Russian Support for Innovation and Export Growth // Russian Engineering Research. Vol. 38. 2018, № 4. – P.305-308.

7. Novikov S.V., Veas Iniesta D.S. State regulation of the development of the connectivity of the Russian territory // Espacios. Vol. 39. 2018, № 45.

8. Вольчик В.В., Оганесян А.А. Реформы в образовании: бремя адаптации // Terra Economicus. Т. 15. 2017, №4. – С.136-148.

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СОПРОВОЖДЕНИЕМ СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Орлов В.Л., Курако Е.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
ovl@ipu.ru, kea@ipu.ru

Аннотация: Рассмотрены методы управления сопровождением сложных информационных систем с иерархической структурой. Предложен сценарных подход к организации обновления в таких системах. Определены основные методы обновления серверов приложений, серверов баз данных и клиентских мест в процессе сопровождения.

Ключевые слова: сопровождение; обновление программ; сложные информационные системы; сервер приложений; база данных; клиент.

Введение

Задача управления сопровождением сложных информационных систем в последнее время приобретает все большую актуальность. Это определяется следующими моментами:

- сложностью архитектуры систем, которые содержат несколько уровней, причем уровни могут быть территориально распределены;
- разнородностью внутриуровневого построения, которое предусматривает как минимум три принципиально различных базовых компонента: клиентское место, сервер приложений и сервер баз данных (БД);

- необходимостью синхронизации изменений не только внутри уровня, но и между уровнями;
- возможностью только кратковременных остановок, предназначенных для изменения программного обеспечения, или (что желательно) отсутствие таковых.

Естественно, что наличие всех этих условий делает задачу нетривиальной. В то же время решение ее необходимо, так как практика использования программ любой сложности показывает, что их модернизация в процессе эксплуатации является востребованной. Это позволяет не только устранять ошибки, но и вносить новые функциональные возможности.

1 Сценарный подход в процессе подготовки коррекции программ и данных

Как отмечалось выше, на каждом уровне системы могут быть выделены такие компоненты, как клиентские места, сервера приложений и сервера БД (рис.1).

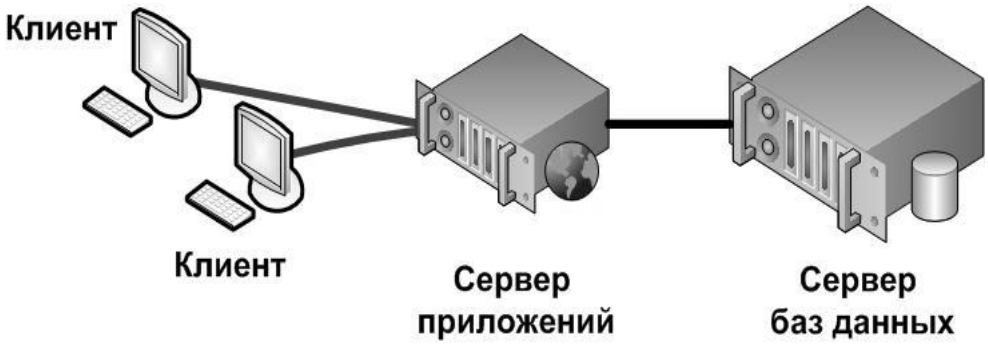


Рис. 1. Компоненты одного уровня

Из всего многообразия объектов, представленных на компонентах, целесообразно выделить следующие [1]:

- На клиенте:
  - Программные модули и библиотеки;
  - Директории и файлы.
- На сервере приложений:
  - Программные модули и библиотеки;
  - Директории и файлы;
  - Службы операционной системы;
  - Электронные сервисы.
- На сервере баз данных:
  - Хранимые процедуры;
  - Структура БД (таблицы, представления, последовательности, связи и т.д.).

Обработка объектов разных типов ведется различными способами. Основные типы обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Виды обработки объектов

Объекты	Виды обработки
Директории	Создание, копирование, удаление
Файлы	Копирование, удаление
Модули	Копирование, удаление
Библиотеки	Копирование, удаление
Службы и сервисы	Регистрация, копирование, удаление
Хранимые процедуры БД	Создание, замена, удаление
Структура БД	Создание, модификация, удаление
Управляющая информация системы, хранящаяся в БД	Создание, модификация, удаление

Как мы видим, обработка различных типов объектов проводится по-разному. В то же время целесообразно проводить группировку обработки нескольких объектов или даже нескольких типов объектов в одном пакете. Это объясняется тем, что, например, при добавлении какой-либо новой функции требуется изменение как программ клиента, так и серверных программ, а также необходимо проведение коррекции БД. Все эти действия в необходимой последовательности могут быть корректно выполнены, если их реализация будет определяться сценарием. Поэтому вместе с

подготовкой пакета коррекции необходимо указывать тип объекта, вид обработки, а также место хранения информации и место, где ее требуется разместить. Все эти данные попадают в автоматически формируемый сценарий.

То есть в итоге пакет включает в свой состав сценарий, а также все необходимые объекты, описания действий с которыми имеется в указанном сценарии.

Следует отметить, что объекты БД должны включаться в пакет в виде скриптов, описывающих их создание и изменения.

2 Алгоритм обработки сценария на серверах

Важным элементом сценария является номер версии пакета. Он используется при проверке необходимости обновления. Все подготовленные пакеты помещаются на центральный сервер обновлений (ЦСО). В сценарии каждого пакета содержится номер его версии.

Все периферийные службы обновления (ПСО) периодически обращаются к ЦСО, который предоставляет им список хранящихся у него пакетов, содержащих обновления. В списке у каждого пакета присутствует номер его версии.

После получения списка ПСО сверяет список с имеющимся у нее списком установленных обновлений, выбирает первое неустановленное обновление, запрашивает его у ЦСО и производит установку. Здесь важным является то обстоятельство, что список задает последовательность установки обновлений. Это существенно, так как нарушение этой последовательности может привести к невозможности инсталляции того или иного пакета. То есть здесь работает метод исключения пропуска установки. Пока не установится определенное обновление, последующие также не будут устанавливаться.

Например, если подготовленный пакет по каким-либо причинам содержит ошибку, которая не дает возможности его установить, то запросы от ПСО будут периодически повторяться, до тех пор, пока в ЦСО не появится новая корректная версия пакета.

Если же вновь установленный пакет не удовлетворяет сотрудников, обеспечивающих эксплуатацию, то возможен возврат на предыдущую версию по команде оператора ПСО. В этом случае для обновления будет приниматься только следующая версия, номер которой превышает номер версии, забракованной на этом сервере.

3 Обновление сервера приложений

На сервере приложений обновляются файлы, библиотеки, директории, электронные сервисы и службы, связанные с операционной системой. Если файлы замещаются простым копированием в соответствии с параметрами, указанными в сценарии, то электронные сервисы и службы, необходимо, как правило, регистрировать. Эти дополнительные действия определяются типом объекта, также указанном в сценарии. Отметим, что при обработке объекта «директория» иногда необходимо создавать пустые директории. В таком случае используется не процедура копирования, а команда создания директории.

4 Обновление базы данных

База данных не обновляется копированием. Здесь для изменения структуры базы данных, что часто является необходимым действием при сопровождении, и для изменения хранимых процедур используются SQL-скрипты, выполняемые службой обновления на сервере приложений в соответствии со сценарием и корректирующие связанную базу данных. То есть при обновлении баз данных фактически используются вложенные сценарии.

Важным обстоятельством является то, что при подготовке новых модулей и библиотек для клиента их необходимо зарегистрировать во фрагменте БД, содержащим управляющую информацию системы. Такая регистрация проводится службой обновления на сервере приложений.

5 Обновление клиента

Программное обеспечение клиента обладает двумя особенностями. Во-первых, клиентские программы взаимодействуют с БД только через сервисы. Следовательно, они ничего не знают о структуре БД и принципиально не могут выполнять никакие SQL-скрипты. Во-вторых, программное обеспечение клиента не включает в свой состав электронные сервисы и службы. То есть здесь не требуется проводить процедуры регистрации, связанные с операционной системой. Из таблицы 1 следует, что в этом случае для обновления программного обеспечения достаточно использовать простые процедуры создания, копирования и удаления.

Таким образом, для выполнения функций обновления клиента служба обновления размещает в заданном каталоге сервера приложений обновляемые модули, библиотеки, файлы и директории клиента (обобщенные файлы). Управляющая программа клиента в определенные моменты времени,

например, при перезапуске прикладной программы клиента производит сравнение имеющихся в каталоге обобщенных файлов на сервере с аналогичными файлами клиента. Все модули, библиотеки, файлы и директории, которые были обновлены на сервере, копируются в соответствующие каталоги клиента и автоматически подхватываются при старте.

Заключение

Одним из важных элементов процесса сопровождения сложных программных комплексов является обновление программ, структуры данных и данных на всех уровнях. В связи с тем, что в этом случае на всех уровнях используются разнообразные процедуры, определяемые типом объектов обновления, целесообразно применение сценарного подхода. Применение вложенных сценариев, обеспечивает выполнение процедур обновления для всех основных типов объектов.

Литература

1. *Курако Е.А., Орлов В.Л.* Методы динамического обновления программных комплексов для систем с каскадной структурой // Проблемы управления. М.,2017. № 5. С. 52-60.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭКЗОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Парыгин Д.С.

Волгоградский государственный технический университет,
Россия, г. Волгоград, пр. Ленина д.28
dparygin@gmail.com

Аннотация: В статье приводятся результаты анализа подходов к управлению социально-экономическими системами, и формулируется представление об урбанизированной территории, как экзоактивной системе-основании жизнедеятельности людей. Предлагается определение системы экзоактивного управления и модель экзоактивного управления типа «Функциональный реактор», основанная на ребалансирующем цикле обеспечения потребностей DRVB.

Ключевые слова: система экзоактивного управления, модель управления, функциональные подсистемы, управление на данных, цикл ресурсной ребалансировки, урбанизированная территория.

Введение

Изменения в субъектно-объектных взаимоотношениях в нетехнических системах, обусловленные последствиями воздействия на систему информационных потоков, и их влияние на управление в системах, явно не рассматриваются. Процесс управления, основанный на таком понимании роли информационных потоков, сводится к организации деятельности системы, удовлетворяющей неким внешним целям окружения системы, и тотальному контролю соответствия этим целям. Непрерывное увеличение потоков спонтанной информации [1] в цифровом пространстве приводит к увеличению количества внешних формальных показателей, формируемых окружением системы и определяющих требования к условиям ее существования. При этом происходит постепенное замещение системы ее виртуальным представлением, и управление системой замещается управлением ее информационным образом.

1 Анализ подходов к управлению социально-экономическими системами

Переосмысление вопросов управления социальными и экономическими системами в условиях современных трендов информатизации и цифровизации характеризуется несколькими основными подходами. Так когнитивные процессы рассматриваются в качестве определяющих для социумов, как кибернетических систем третьего порядка [2], которым кроме того свойственны взаимное влияние людей и окружающей их среды для достижения своих целей [3]. Для описания социальных систем при использовании представления об обратной связи следует избегать указания выделенных центров управления, распределяя цели управления между отдельными субъектами [4]. При адаптации к новым реалиям жизни общества необходимо вводить представление об «организации», формируемой свойствами, процессами и системами [5].

Преобразование управления социально-экономическими системами связано также с обеспечением их саморазвития [6], а удовлетворение потребностей есть результат взаимодействий равноправных субъектов [7]. Открытая самоорганизующаяся система должна учитывать сетевую структуру общества, а децентрализованное принятие решений и широкое распределение полномочий основываться на интеграции знаний и гибком коммуникативном планировании [8].

В отличие от субъектов экономической деятельности, нацеленных на извлечение прибыли из производства и продажи товаров, оказания услуг и работ, развитие систем, организующих условия расселения и жизнедеятельности людей, в целом направлено на получение результата, выражающегося исключительно в удовлетворении их потребностей [9]. Такие системы-основания социально-экономических процессов в общем виде представляют собой совокупность объектов природного и промышленного происхождения, структурированные человеком для обеспечения своей жизнедеятельности. Каждый из объектов в структуре сам по себе пассивен и статичен, но может быть задействован одним или множеством субъектов в своих целях, определяющих динамические свойства объектного «ландшафта» среды обитания для всякого прочего субъекта. Таким образом, изначально техническая структура обретает свойства, характерные для социальных и экономических систем. И, не смотря на вовлеченность всех субъектов в формирование пространства условий жизнедеятельности, социально-экономическая система-основание призвана отвечать на запросы и, как следствие, находится под «внешним» воздействием каждого конкретного субъекта. Находящуюся под внешним множественным целеполаганием систему можно назвать экзоактивной.

2 Экзоактивное управление по модели «Функциональный реактор»

Можно выделить два класса систем социально и экономически обусловленных пространств жизнедеятельности человека по признаку управляемости: соседские и представительные. Управление соседской системой расселения можно эффективно обеспечить в рамках классических организационных процедур [10]. Однако с ростом территориальной распределенности таких систем и увеличением числа субъектов, взаимодействующих с компонентами системы, возникает необходимость выстраивания иерархии делегирования ожиданий и полномочий для их реализации, т.е. построения представительной системы. Учитывая тенденции к закреплению городских систем, как базовых форм расселения людей, а также к распространению единого формата оказания услуг на различные типы населенных пунктов, можно говорить, что все представительные системы-основания обретают свойства урбанизированных территорий.

В таком случае любой участок относительно непрерывной урбанизированной территории можно рассматривать как экзоактивную пространственно-распределенную систему реализации потребностей жизнедеятельности людей, организующую их совместное расселение на основе локально централизованных сетей обеспечения процессов устойчивого функционирования. Анализ сложившихся подходов к управлению такими системами позволяет обозначить ряд ключевых проблем, всё ярче проявляющихся в современных условиях. Это и потеря управляемости при построении многоуровневой иерархической управляющей структуры, и иллюзия контролируемости процессов через обобщенные показатели, и наличие независимых организационных акторов, и отсутствие знаний о действительных целях потенциально неограниченного множества заинтересованных субъектов, и др. Для управления таким комплексным объектом предлагается организовывать систему управления, учитывающую его предназначение и экзоактивные свойства.

Система экзоактивного управления – это система, формирующая управленческие воздействия (распределение ресурсов, координацию взаимодействия, оценку результатов) на основе анализа данных мониторинга функциональных подсистем и обеспечивающая компенсацию дисбаланса целей системы за счет децентрализации зон ответственности за принятие решений.

Модель экзоактивного управления можно представить в виде двухуровневой конструкции, в основании которой находится пространство генерации данных об изменении состояния элементов системы. Изменение состояний определяется цепной реакцией экзоактивных воздействий субъектов, в ходе которой происходит расходов «ресурсов» объектов. Верхний регулирующий блок модели состоит из трех слоев, включающих компоненты комплекса многоуровневого мониторинга экзоактивного пространства генерации данных, реактивные модули децентрализованного формирования управляющих воздействия и проактивное координирующее плато рассуждений на основе цифровых двойников. Опорный каркас структуры модели составляют функциональные колонны, объединяющие все процессы в рамках определенных подсистем обеспечения потребностей жизнедеятельности. Такую конфигурацию модели управления предлагается определить как функциональный реактор (рис. 1).

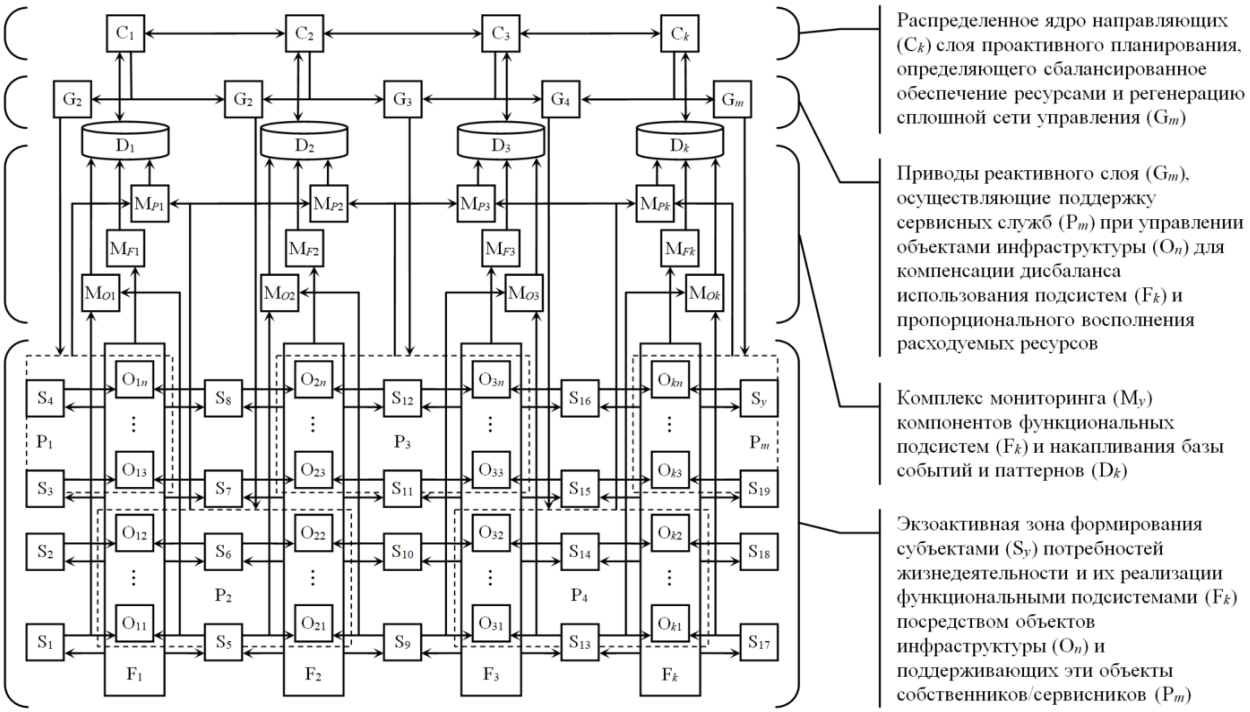


Рис. 1. Модель экзоактивного управления типа «Функциональный реактор»

Каждый субъект, формируя свою очередную потребность жизнедеятельности, вступает во взаимодействие с объектами инфраструктуры и сервисами (бизнес-процессами), обеспечивающими реализацию целевой потребности. Основываясь на процессном подходе к управлению, такие взаимодействия можно описать в цикле ресурсной ребалансировки DRVB (рис. 2).

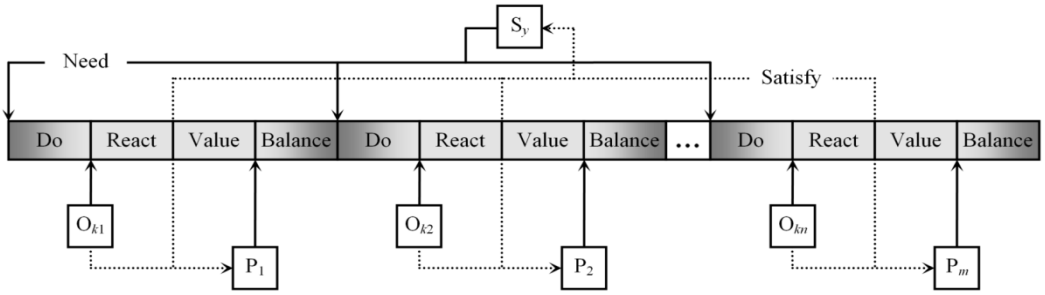


Рис. 2. Цикл реализации потребностей субъекта DRVB (сплошная линия – деятельность, вызывающая перераспределение ресурсов; пунктирная линия – потоки информации)

Заключение

Обратная связь в каждом цикле DRVB формирует оценку протекающих процессов в виде тех самых спонтанных данных, и это не формальные показатели социально-экономического развития именованного города, а моментальный снимок реализации совокупности уникальных потребностей множества отдельных субъектов на рассматриваемой территории. Предложенная модель экзоактивного управления приобретает особую актуальность в условиях, когда эффективность работы системы определяется положительным пользовательским опытом каждого конкретного человека, а его целевые жизненные ориентиры корректируют вектор развития всей системы. В мире услуг, информационных потоков и открытых пространств, единым центрам городского управления предстоит примерить роль службы поддержки интеллектуальной инфраструктуры, обеспечивающей обработку данных и организацию перераспределения полномочий в функциональных подсистемах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-20066 “мол_а_вед”. Автор выражает благодарность коллегам по лаборатории UCLab, участвующим в разработке проекта UrbanBasis.com.

Литература

1. *Парыгин Д.С., Садовникова Н.П., Шабалина О.А.* Информационно-аналитическая поддержка задач управления городом. – Волгоград, 2017. – 116 с.

2. Johannssen J., Hauan A. Communication – A Systems Theoretical Point of View. – 1994. – P. 63-73.
3. Mancilla R.G. Introduction to Sociocybernetics (Part 1): Third Order Cybernetics and a Basic Framework // Society Journal of Sociocybernetics. 2011, № 9. – P. 35-56.
4. Аршинов В.И., Свирский Я.И. На пути к коммуникативно-рекурсивной модели Вселенной // Философские науки: Философия науки и техники. Вып. 16. – М.: ИФ РАН, 2011. – С. 3-33.
5. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
6. Лепский В.Е. Философия и методология управления в контексте развития научной рациональности // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления. – М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 7785-7796.
7. Виттих В.А. Эволюционное управление сложными системами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т.2, 2000, №1. – С. 53-65.
8. Парыгин Д.С. Методы поддержки принятия решений на основе данных в задачах управления развитием городской среды // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф. Т. 5. – СПб.: Изд-во Политехн. ун–та, 2018. – С. 98-103.
9. Процессный подход к управлению: дань моде или залог успеха? – 2016. – Режим доступа: https://habr.com/ru/company/iladaruli24/blog/300994/
10. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ БОЛЬШОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМОДРОМОМ УРОВНЯ SMARTCITY С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Разумов Д.А.

ФГБОУ «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

DmitriRazumov@yandex.ru

Аннотация: В работе рассматриваются вопросы многофакторной оптимизации проектных параметров АСУ космодрома (АСУК) с помощью имитационной модели и метода ПРИНН[0], который позволяет избежать недостатков традиционных подходов(ELECTRE, ЦИКЛ, ШНУР и др.)[0- 0], снизить влияние субъективного фактора на оценки и увеличить качество принятия решений.

Ключевые слова: АСУ, многофакторный анализ, проектирование, космодром.

Введение

В работах [0, 0] автор, проанализировав структуру и основные проблемные зоны построения АСУ космодрома, предложил постановку задачи, которая послужила основанием для разработки имитационной модели, позволяющей определить необходимое количество ресурсов системы в рамках имеющихся ограничений для выполнения ключевых показателей эффективности. На данном этапе планируется показать, как с помощью использования этой модели на базе принципов многофакторного анализа можно проводить оптимизацию проектных решений АСУ в части автоматизации деятельности подразделений дежурных диспетчерских служб и центров управления космодрома.

1 Постановка задачи

Графический уровень ИМ Системы позволяет подбирать оптимальные ресурсные значения для каждой дежурной диспетчерской службы или центра управления (ССС - Command Control Center), выставляя их значения с помощью элементов управления так называемых «бегунков» (Рис.).

С помощью серии экспериментов - прогонов модели выясняется, в какой степени эта комбинация значений ресурсов, в данном случае четырёх ССС, соответствует ограничениям, т.е. времени реакции системы на ситуацию или событие. Время реакции определяется через среднее нахождение заявки на обслуживание в очереди ССС, которое отображается в левом нижнем углу (Рис.).

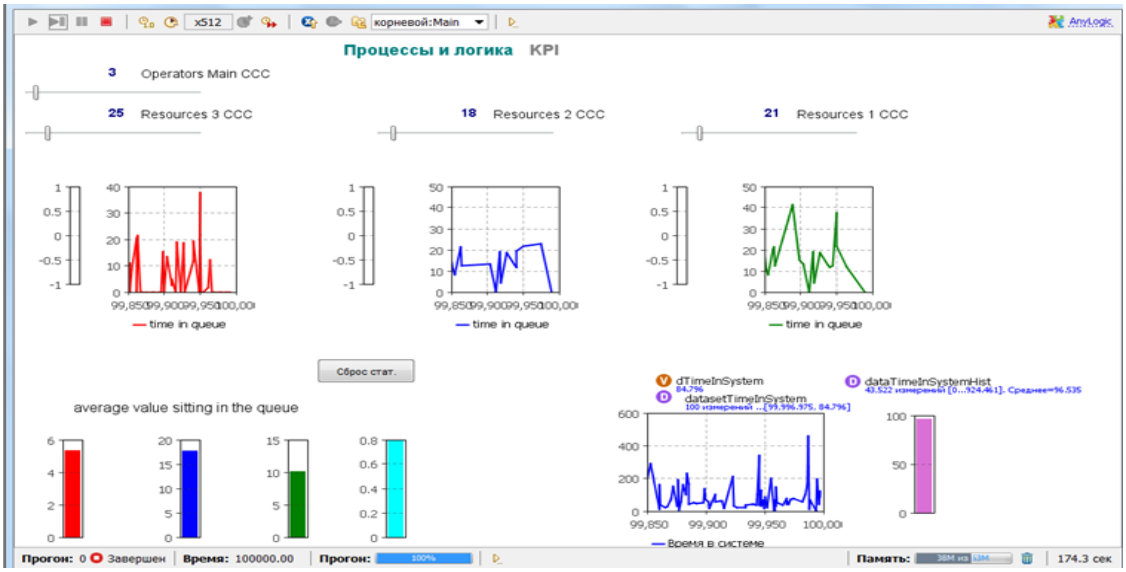


Рис. 1. Оптимизация ресурсных значений ССС АСУК с помощью графического представления ИМ Системы

Очевидно, что возникает, как минимум несколько оптимизационных критериев, т.к. количество объектов управления в модели равно 4. Задачу многокритериальной оптимизации можно представить математически функционалом:

(1) $$\mathbf{r}^* = \mathbf{argmin}\, \mathbf{f}(\mathbf{r_i}) \quad \mathbf{r} \in \mathbf{R}, \mathbf{t} \le \mathbf{t}^*,$$

где $\mathbf{i} = \overrightarrow{\mathbf{1},\mathbf{K}}$, ri – значение количества ресурсов, t – вектор времени реакции, t* - нормативные значения времени реакции по каждому ССС.

2 Оптимизация ресурсов ССС с использованием метода многофакторного анализа

Для нашей имитационной модели (Рис.) это будет означать выбор среди {r*} таких, что выполняются ограничения t ≤ t*. При этом предполагается, что значения параметров эксперимента (Resource, или ri) выбираются из некой оптимальной целесообразности или в простейшем случае простым перебором.

Другой вариант заключается в проведении линейной свёртки, когда каждому из критериев назначается весовой коэффициент αi, характеризующий значимость соответствующего критерия и устанавливающий некий компромисс между ними. Коэффициенты αi выбираются положительными и нормированными тем или иным способом, например, с помощью экспертов, так что:

(2) $$\sum_{i=1}^{k} \alpha_i = 1,\ f(r) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_i f_i(r_i)$$

Следует отметить, что для нашей имитационной модели (рис. 1), данная задача будет решаться на уровне нахождения весовых коэффициентов, чтобы определять приращения Δr_i на каждом шаге эксперимента для r_i. Например, определим суммарное приращение как:

(3) $$\Delta R = \sum_{i=1}^{k} \Delta r_i, \text{ тогда } \Delta r_i = \alpha_i \Delta R$$

Рассмотрим теперь, каким образом можно выбирать весовые коэффициенты, если уже известны некоторые предпочтения по степени важности каждого из критериев. Здесь присутствует проблема выбора значимости, каждого из них и, следовательно, проблема неизбежного субъективного или тенденциозного фактора при экспертной оценке. Чтобы этого избежать предлагается использовать так называемый метод ПРИНН[0, 0].

«Сущность метода сводится к формированию множества допустимых способов учёта неопределённости, выделению в нём наиболее представительного набора способов учёта неопределённости и построению на его основе итеративной процедуры формирования комплексной оценки решений в условиях неопределённости». Считается, что такой подход несколько снижает неопределённость в смысле принятия решений экспертами и переносит часть этой работы на вычислительные мощности. «Способ учета неопределенности позволяет концентрированно выразить в нем "человеческий фактор" принятия решений, возложив остальную работу на компьютер». Таким образом, снижается степень субъективизма.

Предлагаемый алгоритм основан на том, что однозначно сопоставляет любому подмножеству X_A множества неопределённых факторов X некое число $F(y, X_A)$, характеризующее комплексную оценку варианта решения y на множестве X_A.

В случае конечномерного евклидова пространства в работе [0] предложен следующий способ учёта неопределённости:

(4) $$F(X,y) = G^{-1}\left(\frac{1}{S_X}\int_{x\in X} G\big(f(x,y)\big)dx\right),$$

где SX – мера области X неопределённых факторов x, G(t) – некоторая порождающая функция, которая и формирует конкретный способ учёта неопределённых факторов x, f(x,y) принятая свёртка частных критериев. В выражении

(4) y выступает в качестве параметра. Пусть порождающая функция имеет простейший вид:

(5) $$\mathbf{G(t) = t}$$

В этом случае:

(6) $$F(X,y) = \frac{1}{S_X}\int_{x\in X} f(x,y)dx$$

Линейная свёртка двух частных критериев f1(y), f2(y) при равнозначных весах будет вычисляться по формуле:

(7) $$\mathbf{F(X,y) = \frac{f^1(y)+f^2(y)}{2}}$$

Если теперь ввести утверждение о том, что весовой коэффициент x1 на много более значим, чем x2 (x1 ≥ x2), то получим следующее соотношение:

(8) $$\mathbf{F(X,y) = \frac{1}{\frac{1}{2}}\int_{\frac{1}{2}}^{1}\left(x^1 f^1(y) + (1 - x^1) f^2(y)\right)dx^1 = \frac{3f^1(y)+f^2(y)}{4}}$$

Следовательно, при использовании данного способа учета неопределенности “более значимый” критерий имеет в линейной свертке весовой коэффициент, в 3 раза больший, чем менее значимый.

Для большего числа критериев линейной свёртки получаем следующую формулу для вычисления весов:

(9) x1+3x1+32x1+...+3kx1=1, откуда: $x^1 = \frac{2}{3^k-1}$

Для рассматриваемого случая α1 = x1.

Таким образом, авторы предлагают использовать довольно оригинальную идею метода ПРИНН, снижающую влияние субъективного экспертного фактора, для многокритериального выбора при оптимизации структуры АСУ космодрома с помощью имитационной модели. Данный подход позволяет делать на фазе проектного анализа научно-обоснованные оценки основных ресурсных параметров функционирования АСУ космодрома, обеспечивающие выполнение ключевых показателей эффективности.

Литература

1. *Малышев В.В., Пиявский Б.С., Пиявский С.А.* Метод принятия решений в условиях многообразия способов учета неопределенности // Известия РАН. Теория и системы управления. 2010. № 1. С. 46–61.
2. *Панов Д.В., Малышев В.В., Пиявский С.А., Ковков Д.В.* Сравнительный многокритериальный анализ сложных технических и социальных систем в экономико-управленческом аспекте // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Т. 7. № 2. С. 74–83. doi:10.18184/2079-4665.2016.7.2.74.83
3. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. – М: Логос, 2000 - 295 с.
4. *Ларичев О.И.* Вербальный анализ решений. – М: Наука, 2006 -181 с.

Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. - М.: Наука, 1978. — 352 с.

5. *Саати Т.Л.* Принятие решений. Метод анализа иерархий - М.: Радио и связь, 1993 – 287 с.
6. *Dmitri Razumov, Prof., Dr. (Eng.) Vladimir Aleshin* Simulation Modelling as a Tool for Design and Development in Large-Scale Automated Systems Smart City Application in Terms of Lack of Statistical Information. Advances in Systems Science and Applications (Scopus indexed). ISSN (Online) 1078-6236. 2018;03; 79-89 p. Published online at http://ijassa.ipu.ru/index.php/ijassa/article/view/653.
7. *Бадалов А.Ю., Разумов Д.А.* Методика моделирования в жизненном цикле большой автоматизированной системы космодрома уровня Smart City. Труды МАИ. Выпуск № 100. https://trudy.mai.ru/upload/iblock/08b/Badalov_Razumov_rus.pdf.

ОНТОЛОГИЗАЦИЯ КАК СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СИСТЕМАМИ

Салтыков С.А., Русяева Е.Ю.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
sergey.saltykov@gmail.com, rusyaeva@ipu.ru

Аннотация: Показано, что для повышения реальной эффективности управления крупномасштабными системами необходимо направить математику, в числе прочего, на формализацию, детализацию представлений об управленческой ситуации. Обосновано, что концептуализация управленческой ситуации предшествует её онтологизации. В свою очередь, онтологизация управленческой ситуации повышает эффективность надстроенных над ней математических механизмов управления по сравнению с концептуализацией из-за большой формализованности онтологического представления. Предположено, что «локомотивом» онтологизации предметных областей может выступить их таксономизация.

Ключевые слова: семантизация, концептуализация, онтологизация, управленческая ситуация

Введение

Целью данного исследования будет обоснование следующего тезиса: прежде чем разрабатывать детали математических механизмов и моделей, нужно концептуализировать (семантизировать) представления о данной предметной области и управленческой ситуации. Это является необходимым условием разработки эффективных механизмов управления. Управленческое воздействие, являющее оптимальным с позиции концептуально искаженных представлений, в реальности вряд ли будет оптимальным. В широком смысле концептуализация предметной области вообще и управленческой ситуации в частности сводится к экспликации представлений о них с разной степенью формализованности. Если представления уже можно считать эксплицированными, но степень их формализованность не достаточна для того, чтобы передать работу с ними компьютерной программе, то можно говорить о концептуализированности в узком смысле этой предметной области, или по-другому, что она семантизирована. Если формализованности достаточно для передачи вывода на знаниях машине, можно будет говорить об онтологизации предметной области. Онтологизация тоже, в свою очередь, может быть осуществлена с различной глубиной. При определенной глубине концептуальной проработки существенную роль начинает играть таксономизация предметной области — то есть, проработка ключевых для предметной области типологий. Мы предполагаем, что чем глубже была осуществлена концептуальная проработка по линии семантизация (концептуализация в узком смысле) — онтологизация — таксономизация, тем эффективнее — при прочих равных — будут математические механизмы управления, надстроенные «поверх» системы представлений, формализованной с такой глубиной.

1 Концептуализация управленческой ситуации и механизмы управления

Может показаться, что знание в теории управления может быть представлено совокупностью моделей и/или механизмов управления. Однако, можно показать, что корректней это знание описывать в виде концептуализированных представлений об управленческой ситуации, поверх которых надстроены модели и механизмы управления. Это вполне согласуется с современным видением, сложившимся в философии науки [1], когда знание есть семантизированные, концептуализированные представления, а не лишь совокупность моделей. Корректность концептуализации является залогом, необходимым (но не достаточным) условием разработки эффективных механизмов управления.

Можно показать, что знание не сводится к набору моделей, даже нематематических, так как семантизированные, концептуализированные представления не сводятся к моделям, если модели понимать в собственном, узком значении этого слова. Отвлеченно философствуя, можно под моделью понимать любое идеализированное представление о чем-либо. Но это, по-видимому, чрезмерно расширительная трактовка этого понятия, так как когда исследователь в своих построениях использует слово «модель», он чаще всего использует более узкое значение, являющееся из-за частоты употребления собственным. Так или иначе, как показывает работа [1], под моделью понимают на практике некий изоморфизм. Далее в работе [1] убедительно показывается, что знание о какой-либо предметной области свести к набору изоморфизмов не получится, все равно останется существенный «остаток». Чтобы эксплицировать знание о какой-либо предметной области, в частности, об управленческой ситуации во всей его полноте, нужно семантизировать,

концептуализировать представления об этой предметной области. И лишь частью этих формализованных представлений будут математические модели.

2 От концептуализации и семантизации к онтологизации и таксономизации

В первом приближении концептуализацию и семантизацию можно считать синонимами. Следующим за концептуализацией (семантизацией) шагом будет онтологизация как необходимый этап «вычищения» представлений об управленческой ситуации [2]. Под онтологизацией предметной области вообще и управленческой ситуации в частности будем понимать такую степень формализации представлений, которая достаточна для того, чтобы работу с этой предметной областью передавать машине, чтобы вывод на знаниях в данной предметной области компьютерная программа могла осуществлять или самостоятельно, или в человеко-машинном режиме. Такая еще большая степень формализованности представлений создает необходимые условия для того, чтобы «поверх» этих представлений разрабатывать еще более эффективные механизмы управления.

Но с чего стоит начинать онтологизацию управленческой ситуации? Онтология как формализованная система представлений обычно сводится к набору фреймов, семантическим сетям и набору таксономий. Семантическая сеть — по сути, это набор семантем и связей между ними. Семантема — совокупность близких понятий. Поэтому можно предположить, что проработка семантических сетей начинается с проработки семантем, которая, в свою очередь, начинается с проработки понятий, входящих в наиболее значимые семантемы. А проработка совокупности близких друг к другу понятий, их более точное, эксплицированное соотнесение между собою — и есть таксономизация предметной области, для которой строится семантическая сеть.

С другой стороны, фрейм как совокупность слотов (признаков) и значений этих слотов является также результатом таксономизации: таксономизация эксплицирует набор строгих понятий, а понятие определяется объемом и содержанием — набором значений признаков, отграничивающих его от другого понятия. Этот набор значений неких признаков фактически и определяет фрейм. Получается, что «локомотивом» онтологизации выступает таксономизация. В ходе таксономизации создаются таксономии, менее формально, в первом приближении их можно назвать типологиями.

Заключение

Ч. Пирс писал, что «выводы просты, понятия сложны» [3]. И действительно, подавляющее большинство практически значимых вопросов управления требуют относительно несложного вывода на понятиях. Краевые случаи, когда математические формализмы предстают во всей красоте и мощи (например, те же теоремы Гёделя [4]), покрывают существенно меньшую долю случаев. Напротив, даже, казалось бы, простая, «бытовая» управленческая ситуация описывается внутренне весьма сложными, полисемичными системами понятий (или по-другому, типологиями, таксономиями), необоснованное упрощение которых приводит к существенному снижению эффективности управления. Вот что, по нашему мнению, имел в виду Ч. Пирс.

Таким образом, предлагается «направить» математику как инструмент не просто на создание моделей, базирующихся на «крупноблочных» представлениях об управленческой ситуации, но и, в том числе, на формализацию и «расчистку» представлений об управленческих ситуациях для повышения эффективности управления.

Литература

1. *Mauricio Suárez, Francesca Pero*. The Representational Semantic Conception // Philosophy of science, Volume 86, Number 3 | July 2019/ pp. 344–365. https://www.journals.uchicago.edu/toc/phos/current
2. *Управленческая ситуация.* [Электронный ресурс, дата обращения 25.05.2019]. – Режим доступа: http://hr-portal.ru/varticle/upravlencheskaya-situaciya
3. *Пирс Ч.* Избранные философские произведения. – М.: Логос, 2000. – 448 с.
4. *Гёдель К. Ф.* Совместимость аксиомы выбора и обобщённой континуум-гипотезы с аксиомами теории множеств // Успехи математических наук, 1948, 3:1 (23), стр. 96–149.

ЗАДАЧА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОЦЕССЕ СВАРКИ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Фоминых Д.С., Кушников В.А.

Институт проблем точной механики и управления РАН,
Россия, г. Саратов, ул. Рабочая д.24
dm_fominyh@mail.ru, iptmuran@san.ru,

Резчиков А.Ф.

Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

Аннотация: В статье рассмотрена задача по минимизации вероятности возникновения аварийных ситуаций при сварке роботизированными технологическими комплексами. Разработаны модели и алгоритмы, позволяющие определить критические сочетания событий, приводящих к этим ситуациям. Вероятность наступления данных сочетаний определяется путем решения системы уравнений Колмогорова-Чепмена. Внедрение разработанного математического обеспечения позволит повысить безопасность функционирования роботизированных комплексов и снизить ущерб от аварийных простоев.

Ключевые слова: роботизированный технологический комплекс; вероятность аварийной ситуации; управление процессом сварки; критическое сочетание событий; математическая модель.

Введение

Одним из приоритетных направлений любого промышленного предприятия является обеспечение безопасности в ходе технологического процесса. Современные РТК оснащены системами безопасности, соответствующими международному стандарту ISO 10218-1:2011 «Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots». Однако в этих системах отсутствует контур управления, позволяющий снизить вероятность аварии с учетом различных факторов, оказывающих влияние на технологический процесс. Это подчеркивает актуальность настоящей статьи, посвященной разработке моделей и алгоритмов минимизации вероятности возникновения аварийных ситуаций при сварке РТК.

Математические модели и алгоритмы решения задачи

Решение поставленной задачи осложнено необходимостью разработки сложной динамической модели, учитывающей большое число количественных и качественных характеристики технологического процесса, а также из-за неопределенности параметров модели на временном отрезке. Поэтому в основу алгоритма положено подтвержденное практикой утверждение, согласно которому для снижения вероятности аварии достаточно разработать и реализовать план мероприятий, выступающих в качестве управляющих воздействий [1–2].

На основе анализа типовых аварийных ситуаций, возникающих в процессе сварки в РТК, разработан план мероприятий по минимизации вероятности их возникновения. Этот план представлен в виде дерева, в котором вершины – действия плана, а дуги определяют последовательность их реализации и взаимосвязь. Фрагмент такого плана мероприятий приведен на рис. 1.

Таким образом, поставленная задача сводится к поиску таких действий персонала, при которых вероятность невыполнения плана будет сведена к минимуму.

Для оценки вероятности невыполнения плана необходимо определить минимальные сечения [3] графа мероприятий. Элементы этих сечений соответствуют мероприятиям, невыполнение которых приводит к аварийной ситуации. Минимальные сечения классифицируются по количеству элементов, входящих в их состав, на одноэлементные (T_1, T_2, T_3, T_4, T_{11}, T_{12}) двухэлементные (T_{35}-T_{36}, T_{39}-T_{40}), трехэлементные (T_{24}-T_{25}-T_{26}, T_{21}-T_{22}-T_{23}), четырехэлементные (T_{35}-T_{36}-T_{41}-T_{42}, T_{17}-T_{18}-T_{39}-T_{40}). Данные сечения соответствуют критическим сочетаниям событий, приводящим к аварийной ситуации.

Для каждого сечения строится граф состояний, в соответствии с которым составляется система дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена [3]. Из решения этой системы определяется вероятность невыполнения плана. На рис. 2 приведен пример графа состояний для трехэлементного сечения T_{24}-T_{25}-T_{26}.

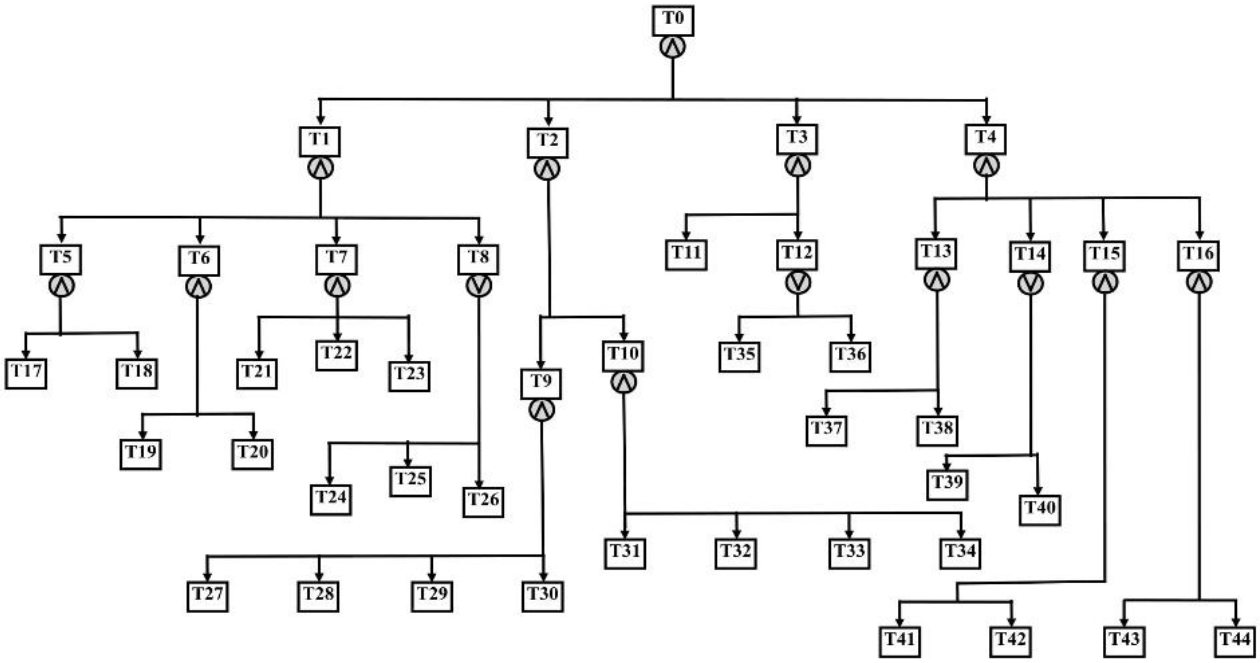


Рис. 1. Фрагмент графа плана мероприятий по снижению аварийности процесса сварки в РТК:

T0 – снижение аварийности при работе роботизированных комплексов; T1 – обеспечение работоспособности аварийного контура; T2 – обеспечение безопасной эксплуатации РТК персоналом; T3 – обеспечение исправной работы программ; T4 – обеспечение безопасного подключения электрооборудования; T5 – исправное функционирование защитных фотобарьеров; T6 – обеспечение работоспособности аварийных выходов; T7 – обеспечение работоспособности кнопок аварийной остановки; T8 – обеспечение исправной работы концевых выключателей; T9 – проведение инструктажа оперативного персонала; T10 – обеспечение оперативного персонала средствами индивидуальной защиты; T11 – сохранение резервных копий программ на разных носителях; T12 – отладка программ сварки; T13 – корректное подключение шкафа сервоуправления к сети электропитания; T14 – корректное подключение сварочного оборудования к сети электропитания; T15 – корректное подключение контроллеров к сети электропитания; T16 – корректное подключение сенсора тактильного отслеживания к сети электропитания; T17 – обеспечение исправности фотоэлементных барьеров; T18 – обеспечение исправности реле безопасности ADSR0 и ADSR1; T19 – обеспечение исправности концевых выключателей аварийного выхода; T20 – обеспечение исправности аварийной кнопки на калитке аварийного выхода; T21 – исправное функционирование аварийной кнопки шкафа сервоуправления; T22 – исправное функционирование аварийной кнопки пульта управления; T23 – исправное функционирование аварийной кнопки на контроллерах; T24 – исправное функционирование концевиков на перемещение тележек; T25 – исправное функционирование датчика удара горелки; T26 – исправное функционирование концевика «домашнего» положения робота; T27 – инструктаж оперативного персонала по охране труда и технике безопасности; T28 – инструктаж оперативного персонала по пожарной безопасности; T29 – инструктаж оперативного персонала по оказанию первой помощи; T30 – инструктаж оперативного персонала по действиям в аварийных ситуациях; T31 – обеспечение оперативного персонала спецодеждой; T32 – обеспечение оперативного персонала защитными перчатками; T33 - обеспечение оперативного персонала защитными очками; T34 – обеспечение оперативного персонала защитными касками; T35 – сварка пробного образца; T36 – обеспечение отсутствия программных сбоев; T37 – корректное подключение шкафа сервоуправления к электросети цеха; T38 – обеспечение заземления шкафа сервоуправления; T39 – корректное подключение источника питания к электросети цеха; T40 – подключение массового и обратного проводов к источнику питания; T41 – корректное подключение питания контроллеров к шкафу сервоуправления; T42 – обеспечение заземления контроллеров; T43 – корректное подключение тактильного сенсора к источнику питания; T44 – подключение массового и обратного проводов к источнику питания и стенду сварки; Λ – символ конъюнкции; V – символ дизъюнкции

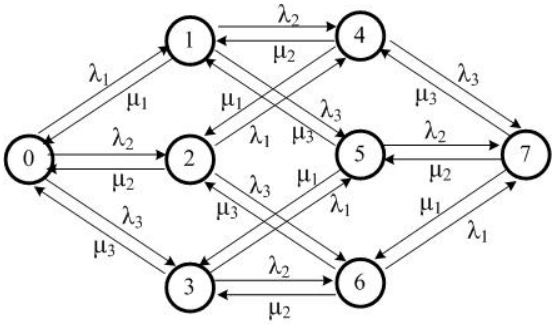


Рис. 2. Граф состояний для трехэлементного сечения .

0 – выполняются все мероприятия; 1 – не выполнено мероприятие T_{24}; 2 – не выполнено мероприятие T_{25}; 3 – не выполнено мероприятие T_{26}; 4 – не выполнены мероприятия T_{24},T_{25}; 6 – не выполнены мероприятия T_{24}, T_{26}; 7 – не выполнены мероприятия T_{24}, T_{25}, T_{26}, λ – частота отказов оборудования, возникающих в ходе технологического процесса; μ - интенсивность действий персонала по преодолению отказов.

Для данного сочетания событий решение задачи минимизации аварии сводится к выбору такой интенсивности действий по восстановлению $\mu^*_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, при которой на заданном временном интервале $[t_н, t_к]$:

$$\int_{t_H}^{t_K} P_7(P_0, P_1, P_2, P_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3, t)dt \to \min$$

$$\begin{cases} dP_0(t)/dt = -(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t) + \mu_3 P_3(t) \\ dP_1(t)/dt = \lambda_1 P_0(t) - (\mu_1+\lambda_2+\lambda_3)P_1(t) + \mu_2 P_4(t) + \mu_3 P_5(t) \\ dP_2(t)/dt = \lambda_2 P_0(t) - (\mu_2+\lambda_1+\lambda_3)P_2(t) + \mu_1 P_4(t) + \mu_3 P_6(t) \\ dP_3(t)/dt = \lambda_3 P_0(t) - (\mu_3+\lambda_1+\lambda_2)P_3(t) + \mu_1 P_5(t) + \mu_2 P_6(t) \\ dP_4(t)/dt = \lambda_2 P_1(t) + \lambda_1 P_2(t) - (\mu_2+\mu_1+\lambda_3)P_4(t) + \mu_3 P_7(t) \\ dP_5(t)/dt = \lambda_3 P_1(t) + \lambda_1 P_3(t) - (\mu_3+\mu_1+\lambda_2)P_5(t) + \mu_2 P_7(t) \\ dP_6(t)/dt = \lambda_2 P_1(t) + \lambda_1 P_2(t) - (\mu_2+\mu_1+\lambda_3)P_4(t) + \mu_1 P_7(t) \\ dP_7(t)/dt = \lambda_3 P_4(t) + \lambda_2 P_5(t) + \lambda_1 P_6(t) - (\mu_1+\mu_2+\mu_3)P_7(t) \end{cases}$$

где P_i, $i = 0,1,\ldots,15$ – вероятность перехода объекта управления в *i*-е состояние.

При конкретных значениях числовых коэффициентов λ_i, μ_i, $i = 1, 2, 3$ в данный момент времени получим вероятность нереализуемости плана из-за сочетания событий, соответствующих сечению T_{24}-T_{25}-T_{26}. Аналогичным образом подсчитываются вероятности невыполнения плана для остальных сечений в разные моменты времени, что позволяет предотвратить наступление критических сочетаний событий, приводящих к аварийным ситуациям. Разработанное математическое обеспечение планируется внедрить в составе комплекса технических средств управления роботизированными системами Kawasaki в ОАО «Трансмаш» (г.Энгельс) по методикам [4-10].

$$\int_{t_H}^{t_K} P_7(P_0, P_1, P_2, P_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3, t)dt \to \min$$

$$\begin{cases} dP_0(t)/dt = -(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t) + \mu_3 P_3(t) \\ dP_1(t)/dt = \lambda_1 P_0(t) - (\mu_1+\lambda_2+\lambda_3)P_1(t) + \mu_2 P_4(t) + \mu_3 P_5(t) \\ dP_2(t)/dt = \lambda_2 P_0(t) - (\mu_2+\lambda_1+\lambda_3)P_2(t) + \mu_1 P_4(t) + \mu_3 P_6(t) \\ dP_3(t)/dt = \lambda_3 P_0(t) - (\mu_3+\lambda_1+\lambda_2)P_3(t) + \mu_1 P_5(t) + \mu_2 P_6(t) \\ dP_4(t)/dt = \lambda_2 P_1(t) + \lambda_1 P_2(t) - (\mu_2+\mu_1+\lambda_3)P_4(t) + \mu_3 P_7(t) \\ dP_5(t)/dt = \lambda_3 P_1(t) + \lambda_1 P_3(t) - (\mu_3+\mu_1+\lambda_2)P_5(t) + \mu_2 P_7(t) \\ dP_6(t)/dt = \lambda_2 P_1(t) + \lambda_1 P_2(t) - (\mu_2+\mu_1+\lambda_3)P_4(t) + \mu_1 P_7(t) \\ dP_7(t)/dt = \lambda_3 P_4(t) + \lambda_2 P_5(t) + \lambda_1 P_6(t) - (\mu_1+\mu_2+\mu_3)P_7(t) \end{cases}$$

где P_i, $i = 0,1,\ldots,15$ – вероятность перехода объекта управления в *i*-е состояние.

При конкретных значениях числовых коэффициентов λ_i, μ_i, $i = 1, 2, 3$ в данный момент времени получим вероятность нереализуемости плана из-за сочетания событий, соответствующих сечению T_{24}-T_{25}-T_{26}. Аналогичным образом подсчитываются вероятности невыполнения плана для остальных сечений в разные моменты времени, что позволяет предотвратить наступление критических сочетаний событий, приводящих к аварийным ситуациям. Разработанное математическое обеспечение планируется внедрить в составе комплекса технических средств управления роботизированными системами Kawasaki в ОАО «Трансмаш» (г.Энгельс) по методикам [4-10].

Литература

1. *Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Иващенко В.А., Фоминых Д.С., Богомолов А.С., Филимонюк Л.Ю.* Минимизация ущерба от нарушения технологического процесса в сварочных роботизированных технологических комплексах // Мехатроника. Автоматизация.Управление. 2017. №5. – С. 328–332.
2. *Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Иващенко В.А., Фоминых Д.С., Богомолов А.С., Филимонюк Л.Ю.* Предотвращение аварийных ситуаций в процессе сварки в роботизированных технологических комплексах // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2017. № 4. – С. 46–55.
3. *Rezchikov A.F., Kushnikov V.A., Ivashchenko V.A., Fominykh D.S., Bogomolov A.S., Filimonyuk L. Yu.* Prevention of critical events combination in robotic welding // Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2017, Vol. 46, No. 4. – P. 370–379.
4. *Kushnikov V.A., Rezchikov A. F., Tsvirkun A.D.* Control in man-machine systems with automated correction of objectives. Meitan Kexun Jishu.1998. V. 26. №11. P. 168–175.
5. *Rezchikov A.F., Kushnikov V.A., Ivashchenko V.A., Fominykh D.S., Bogomolov A.S., Filimonyuk L. Yu.* Controlling the welding process in robotic technological complexes by the criterion of product quality // Мехатроника. Автоматизация.Управление. 2019. Т. 20. №1. – С. 29–33.
6. *Fominykh D.S., Kushnikov V.A., Rezchikov A.F.* Prevention unstable conditions in the welding process via robotic technological complexes. MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 224. 01045
7. Fominykh D.S., Rezchikov A.F., Kushnikov V.A., Ivashchenko V.A., Bogomolov A.S., Filimonyuk L.Yu, Dolinina O.N., Kushnikov O.V., Shulga T.E., Tverdokhlebov V.A. The problem of quality assurance during metal constructions welding via robotic technological complexes. 2018 J. Phys.: Conf. Ser. 1015 032169.
8. Резчиков А.Ф., Кушников В.А.,Евсеев П.Л., Кабанов И.А. Задачи и модели оперативного управления компрессорным хозяйством промышленного предприятия // Мехатроника. Автоматизация.Управление. 2004. №3. – С.45–50.
9. *Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Иващенко В.А., Фоминых Д.С., Богомолов А.С., Филимонюк Л.Ю*. Модели и алгоритмы управления процессом сварки роботизированными технологическими комплексами по критерию качества производимой продукции // Управление большими системами. 2018. Вып. 71. – С. 98–122.
10. *Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Лушников И.В.* Оптимизационные задачи интеллектуальной системы управления процессами воздухоснабжения на машиностроительном предприятии // Автоматизация и современные технологии. 1999. №1. – С. 24–32.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Хоботов Е.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, Москва, Профсоюзная ул., 65
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5
e_khobotov@mail.ru,

Евгенев Г.Б.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5
g.evgenev@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются модели и методы выбора оборудования для модернизации предприятий, в состав которых входит несколько производственных подразделений, изготавливающих комплектующие. Сборка из них выпускаемых изделий производится на одном или нескольких конвейерах.

Ключевые слова: методы агрегирования, конвейерная сборка изделий, обработка деталей, комплектующие детали, узлы, агрегаты, модернизация

Введение

Обновление выпускаемой продукции и модернизацию производственных систем и предприятий для обеспечения возможностей изготовления обновленной продукции в последние годы приходится выполнять значительно чаще. Такие процессы особенно заметны в автомобилестроительной промышленности. Почти на всех успешно действующих автомобилестроительных заводах, по крайней мере, раз в каждые два − три года происходит обновление выпускаемых моделей автомобилей, а это в свою очередь приводит к необходимости обновления и модернизации производства, на котором эти модели будут выпускаться.

Однако неудачное проведение модернизации и просчеты в выборе оборудования могут привести к весьма значительным расходам на устранение ошибок и просчетов, допущенных при проведении модернизации и устраняемых уже в процессе работы таких производств. Кроме того, устранение ошибок и просчетов в процессе работы неудачно модернизированных производств может привести к существенным потерям прибыли из-за их неполноценной работы в это время.

Для того чтобы избежать неудач при проведении модернизации необходимо выбирать оборудование для производственных подразделений предприятия таким образом, чтобы обеспечить их согласованную и сбалансированную работу по изготовлению комплектующих. Без этого невозможно создать эффективно действующее производство.

Существующие методы и модели выбора оборудования [1-3] оказываются непригодными для модернизации предприятий из-за большой размерности возникающих задач выбора оборудования и сложности решения проблем по согласованию производительности всех подразделений предприятия.

В данной работе предлагаются идеи и принципы построения моделей и методов, позволяющих осуществлять выбор оборудования для модернизации предприятий с конвейерной сборкой изделий и согласовывать работу производственных подразделений предприятия.

1 Постановка задачи

Рассмотрим задачу выбора оборудования, возникающую при модернизации машиностроительных предприятий, в состав которых входит несколько производственных подразделений для изготовления комплектующих. Сборка выпускаемых изделий производится на конвейерах, работающих по последовательной схеме.

Будем считать, что комплектующие в производственных подразделениях предприятия обрабатываются в составе специально сформированных групп. Все комплектующие каждой из групп обрабатываются в производственных подразделениях предприятия в одном порядке, хотя каждая комплектующая деталь, узел или агрегат из любой группы может изготавливаться в используемом подразделении по своему технологическому маршруту.

Пусть задано предприятие с дискретным характером производства, в котором имеется M производственных подразделений. В подразделениях предприятия изготавливаются комплектующие, из которых на конвейере производится сборка разных партий изделий L типов. Часть

комплектующих деталей, узлов и агрегатов может закупаться на стороне. В l-м подразделении предприятия ($l = 1,...,L$) имеется m_{lj} единиц оборудования j-го типа ($j = 1,...,\tilde{m}_l$).

Изделия собираются на конвейерах партиями, размеры которых ограничены. Такие ограничения вызваны значительным временем, которое потребуется для изготовления большого количества комплектующих, а также потребностью в наличии больших складов для их хранения, как в подразделениях предприятия, так и на рабочих местах конвейера.

Для любого изготавливаемого изделия известны типы и количество комплектующих его деталей, узлов и агрегатов. Известны времена и последовательность изготовления каждой комплектующей детали для изделия любого типа на всем используемом оборудовании предприятия, а также времена переналадки оборудования для их изготовления.

Подобная информация также известна об узлах и агрегатах комплектующих выпускаемые изделия, а также об условиях их производства и наиболее выгодных порядках их сборки. Сборка любой партии изделий начинается после доставки на каждое рабочее место конвейера, как правило, одинакового количества комплектов комплектующих, изготовленных как в цехах предприятия, так и закупленных на стороне.

Пока на конвейере собираются изделия одной партии, в производственных подразделениях предприятия изготавливаются комплектующие для следующей партии. Если будет продолжен выпуск изделий того же типа, то конвейер не переналаживается. В противном случае производится переналадка конвейера на сборку следующей партии изделий другого типа.

В тех случаях, когда у предприятия возникает необходимость внесения изменений в номенклатуру и объемы выпуска производимой продукции, может потребоваться проведение модернизации. Модернизация заключается в приобретении необходимого оборудования и избавлении от ненужного более оборудования в модернизируемом подразделении предприятия. Приобретаемое оборудование выбирается из заданного множества оборудования, в котором должны быть типы оборудования, позволяющие изготавливать все требуемые типы комплектующих.

Считаются известными средние размеры партий изделий $\bar{N}_l$ ($l = 1,...,\tilde{L}$), которые требуется производить после внесения изменений в номенклатуру и в объемы выпуска производимой продукции, в течение заданного интервала времени. Обычно в качестве заданного интервала времени выбирается один месяц.

Для всех комплектующих деталей, узлов и агрегатов вновь осваиваемых изделий, а также для комплектующих выпускаемых изделий, которые были изменены, должна быть известна вся приведенная выше информация по их изготовлению.

В задаче требуется выбрать необходимое оборудование из заданного множества оборудования и избавиться от ненужного оборудования, чтобы при выделенных на модернизацию средствах новая программа предприятия могла быть выполнена в течение заданного интервала времени. Приобретаемое для модернизации оборудование следует выбирать таким образом, чтобы производительность смежных подразделений предприятия по изготовлению комплектующих была бы по возможности сбалансирована.

2 Идеи и принципы создания методов выбора оборудования для модернизации предприятий

Рассмотрим основные идеи и принципы создания моделей и методов выбора оборудования для модернизации предприятия с конвейерной сборкой выпускаемых изделий.

Будем считать, что все проблемы, возникшие в результате изменений в ассортиментной политике предприятия, могут быть решены путем модернизации предприятия. Как уже отмечалось выше, модернизация предприятия заключается в приобретении для подразделений предприятия необходимого оборудования и исключении ненужного.

На этапе подготовки к процессу выбора оборудования для модернизации предприятия определяются такие подразделения предприятия, для которых следует приобрести дополнительное оборудование. Такое оборудование должно обеспечить обработку ранее не выпускавшихся комплектующих, а также изготовление изменённой производственной программы в течение заданного времени.

Выбор таких подразделений производится на основе анализа технологических маршрутов изготовления новых для предприятия комплектующих и состава оборудования производственных подразделений предприятия. В выбранные подразделения включается оборудование, на котором могут быть обработаны все комплектующие, которые ранее на предприятии не изготавливались.

После этого для каждого типа выпускаемых и модернизируемых изделий производится корректировка сформированных групп комплектующих для обработки в подразделениях предприятия. Для комплектующих вновь осваиваемых изделий формирование таких групп производится заново.

Затем строится «каркасное» расписание изготовления комплектующих для всех изделий из новой производственной программы предприятия и производится его анализ. Дело в том, что свойства «каркасных» расписаний позволяют не только оценивать загрузку подразделений предприятия, но и судить об эффективности работы каждого подразделения и предприятия в целом по выпуску различных изделий, а также судить об уровне согласования производительности подразделений предприятия.

В результате анализа «каркасных» расписаний изготовления комплектующих для сборки изделий из такой программы определяют величины, на которые целесообразно сократить времена изготовления некоторых групп комплектующих, чтобы обновленная производственная программа могла быть изготовлена в течение заданного времени и при этом была обеспечена сбалансированная работа всех подразделений предприятия.

После определения подходящего времени для изготовления выбранных групп комплектующих в выделенных подразделениях с использованием моделей, которые были предложены в работе [4], производится выбор подходящего и исключение ненужного оборудования для этих подразделений.

Затем строится новое «каркасное» расписание и проверяется эффективность проведенной модернизации. Отсутствие «простоев» подразделений в ожидании поступления комплектующих на обработку в «каркасном» расписании говорит о сбалансированной работе предприятия, поскольку подразделения предприятия всегда обеспечены работой.

Построение и анализ «каркасных» расписаний в процессе проведения модернизации предприятий позволит осознано принимать решение о завершении или продолжении корректировки процесса модернизации предприятия, а также намечать следующие итерации по выбору и замене оборудования.

Литература

1. *Хоботов Е.Н.* Использование оптимизационно-имитационного подхода для моделирования и проектирования производственных систем. I // АиТ. 1999. № 8. С. 163-176.
2. *Хоботов Е.Н.* Использование оптимизационно-имитационного подхода для моделирования и проектирования производственных систем. II // АиТ. 1999. № 9. С. 154-161.
3. *Khobotov E.N.* The Use of Optimization-simulation Approach in Problems of Manufacturing Systems Reengineering // Dynamics of non-homogeneous systems: Proceedings of ISA RAS. – 2001. - № 4, pp. 51-59.
4. *Павлов К.С., Хоботов Е. Н.* Модели выбора и замены оборудования в производственных системах машиностроительных предприятий // Журнал «Автоматика и телемеханика». – 2015. - № 2, 125-140 стр.

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ОБЪЕКТОВ

Хайруллин Р.З.

Московский государственный строительный университет,
Россия, г. Москва, Ярославское шоссе д.26
zrkzrk@list.ru

Аннотация: Предлагаются полумарковские модели, описывающие последовательное изменение степени достижения целей эксплуатации специальной техники и объектов с метрологическим обеспечением. Исследуется влияние взаимозависимостей затрат, потерь и вероятностей нахождения в различных состояниях специальной техники и объектов на их качество. Представлены результаты моделирования.

Ключевые слова: полумарковские модели, метрологическое обеспечение.

Введение

Одной из старейших проблем оптимизации метрологического обеспечения (МЛО) специальной техники и объектов (СТО) на всех этапах их жизненного цикла является отсутствие моделей взаимозависимости качества МЛО и СТО [1-3]. В настоящей статье дается постановка и решение принципиально новой задачи разработки математической модели процесса эксплуатации СТО с

МЛО. Как и в [1-3] поведение системы моделируется с помощью графа переходов состояния. Разработанный в статье подход отличается от [1-3] тем, что в [1-3] каждая вершина графа характеризуется вероятностью нахождения в данном состоянии, а ребра графа - временем перехода из одного состояния в другое. При этом время перехода может быть, как случайной, так и детерминированной величиной. В предлагаемом в статье подходе, в дополнение к [1-3], каждой вершине графа (состоянию) ставится в соответствие суммарные потери и затраты, связанные с нахождением в этом состоянии.

Новый подход к оценке влияния МЛО на качество СТО, элементы которого частично изложен вы в [4], позволяет строить полумарковские модели с произвольным количеством состояний, соответствующих различным степеням достижения целей эксплуатации СТО, и функциями затрат на их достижение. В зависимости от используемых исходных данных результаты моделирования представляют собой гиперповерхность, особенности которой являются основой для классификации СТО и выбора облика качественного МлО. Поэтому задача анализа этих гиперповерхностей является не только достаточно актуальной, но имеет практическую ценность для исследований разрабатываемых полумарковских моделей по формальным признакам – количеству состояний и их взаимосвязям. Решение этой задачи позволит находить компромисс между адекватностью моделирования предметной области (множество состояний СТО и переходов между ними) и целями моделирования (поиск характерных отличительных областей и точек на гиперповерхностях качества СТО с МЛО).

1 Результаты исследования модели без МЛО

В [5] проведено исследование модели с тремя состояниями (полностью работоспособное, практически работоспособное, но с несущественными отклонениями от первого состояния и неисправное состояние) без МЛО. Управление каждым состоянием может осуществляться с помощью вектора управляющих переменных. Исследован случай, когда в качестве управляющих переменных выбраны вероятности перехода из практически работоспособного состояния в полностью работоспособное, а также из полностью работоспособного состояние в неисправное состояния p_{10} и p_{01}. Вероятности нахождения в указанных трех состояниях рассматриваются как конечные элементы, определенные в квадрате $a \times b = [0,1] \times [0,1]$, где $a = p_{10}$, $b = p_{01}$. Показатель эффективности представляет собой линейную комбинацию конечных элементов $L = \sum_i \pi_i c_i$, где c_i - вероятность нахождения в состоянии π_i, c_i .- суммарные потери и затраты при нахождении в указанном состоянии. В [5] дается теоретическое обоснование того, что в рассматриваемой модели экстремум показателя эффективности может достигаться только в угловой точке квадрата.

Следует заметить, что для любой “веерообразной модели” [5] минимальное значение критерия также может достигаться только в угловой точке.

2 Простейшая модель с МЛО

В модели с МЛО к указанным выше трем состояниям добавляется четвертое состояние, которое моделирует процесс метрологического обслуживания и включает в себя такие мероприятия как контроль, поверку и ремонт.

В качестве показателя эффективности используются суммарные затраты и потери, а вектор управляющих параметров расширяется добавлением еще одной компоненты - объема контроля η (доля проверяемых образцов СТО от общего количества СТО , находящихся в состоянии практической работоспособности). Зависимость суммарных потерь и затрат для разных значений объема контроля представлена на Рис. 1.

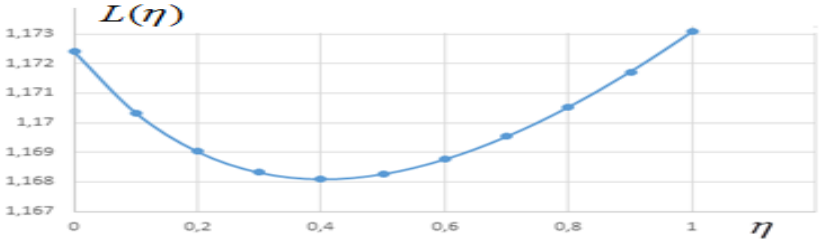


Рис. 1. Минимальное значение критерия достигается при оптимальном объеме МЛО

Видно, что функция суммарных затрат и потерь достигает своего минимума при при некотором внутреннем значении объема контроля (около 40%).

Результаты расчетов показали, что если стоимость c_3 МЛО невелика, то для минимизации L целесообразно все образцы подвергать контролю, и, при необходимости, ремонту. Этому случаю соответствует $\eta = 1$. Если же стоимость МЛО велика, то целесообразно не осуществлять МЛО вообще, то есть $\eta = 0$. В случае отказа или выхода образца из строя целесообразно полностью заменять образец на новый. И, наконец, при средней стоимости МЛО: $2{,}9 < c_3 < 3{,}2$ целесообразно осуществлять контроль и ремонт только некоторой доли неисправных образцов. Этому случаю соответствует $\eta = \eta(c_3)$. Из Рис. 1,2 видно, что для минимизации суммарных затрат и потерь при $c_3 = 3{,}1$ целесообразно осуществлять контроль и ремонт около 40% образцов СТО.

На рис. 2 представлены суммарные затраты в зависимости от стоимости МЛО.

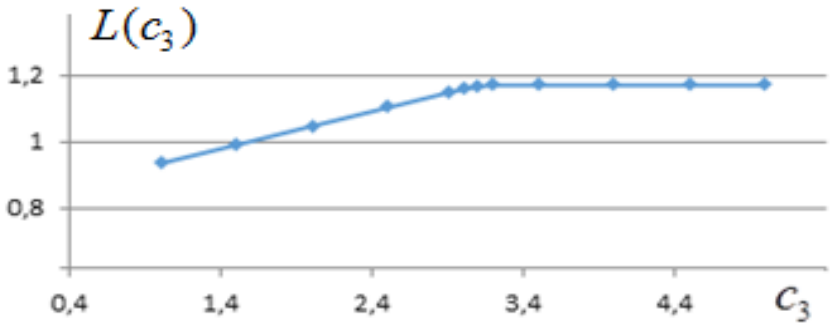


Рис.2. Зависимость суммарных затрат от стоимости МЛО.

3 Обсуждения

Полученные результаты моделирования позволяют классифицировать СТО на основе выбора дискретных комбинаций управляющих переменных *a* и *b*. Например:

- Класс А: СТО, характеризующиеся резким снижением вероятностей переходов (чем «тяжелее» состояние, тем меньше вероятность перехода в него) и таким же ростом потерь (чем «тяжелее» состояние, тем выше потери).
- Класс Б: СТО , характеризующиеся вялым снижением вероятностей переходов и «вялым» ростом потерь.
- Класс В: СТО, характеризующиеся вялым снижением вероятностей переходов и «резким» ростом потерь.
- Класс Г: СТО, характеризующиеся резким снижением вероятностей переходов и «вялым» ростом потерь.

При исследовании большего количества состояний СТО, а также более широкого класса функций изменения вероятностей переходов, затрат и потерь, классификация СТО может быть более детализированной.

Предположим, что конкретный рассматриваемый образец не может быть отнесен строго к одному из рассмотренным выше классов, а имеет некоторые средние характеристики, заключенные между двумя классами.

Пусть верхняя граница зависимости суммарной величины затрат и потерь от вероятностей перехода задается функцией $\psi_1(p)$, а нижняя граница зависимости суммарной величины затрат и потерь от вероятности задается функцией $\psi_2(p)$. Введем параметр $\lambda \in [0;1]$ и зададим однопараметрическую формулу непрерывного перехода от $\psi_1(p)$ к $\psi_2(p)$:

$$\Psi(p,\lambda) = \lambda\psi_1(p) + (1-\lambda)\psi_2(p).$$

Путем соответствующего выбора параметра λ определяется доля принадлежности конкретного образа СТО к некоторому набору классов СТО с МЛО или без МЛО..

Эти функции используются при проведении классификации СТО с МЛО и отнесении конкретного образца СТО к определенным классам.

Отметим, что изменением векторов управляющих переменных a и b можно оценить априорную чувствительность модели к введению МЛО в процесс эксплуатации СТО с целью своевременного выявления предпосылок к появлению отказов (неисправностей) с последующим устранением их. При этом появятся дополнительные затраты на МЛО.

Таким образом, применение представленного в статье подхода позволяет провести классификацию СТО с целью последующего выбора облика его МЛО. Классификация проводится на основе анализа структуры гиперповерхности $L(a,b)$ суммарных затрат. Варьирование вектора управляемых переменных a и b позволяет как разворачивать поверхности суммарных потерь относительно "диагоналей", так и изменять положения локальных экстремумов гиперповерхностей. Определяющим критерием для отнесения СТО к тому или иному классу является наличие характерных точек на поверхностях суммарных затрат $L(a,b)$, таких как угловая точка области управляемых переменных, в которой достигается экстремумы полных затрат, точка локального экстремума функции $L(a,b)$ точки и линии перегибов соответствующих функций двух переменных и т.д.

Литература

1. *Сычев Е.И.* Оценка эффективности и параметрический синтез метрологического обеспечения радиоаппаратуры. - Москва. МО СССР. 1984. 386 с.

2. *Сычев Е.И., Храменков В.Н., Шкитин А.Д.* Основы метрологии военной техники. - М.: Военное издательство. 1993. 400 с.

3. *Королик В.С., Турбин А.Ф.* Полумарковские процессы и их приложения.- Киев. Наукова думка. 1976. 236с.

4. *Хайруллин Р.З., Попенков А.Я.* Распределение объемов контроля по целям метрологического обеспечения сложных организационно – технических систем с использованием полумарковских моделей. XI - международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD 2018). Москва. 2018. 2 с.

5. *Попенков А.Я., Хайруллин Р.З.* Новый подход к оценке влияния метрологического обеспечения на достижение целей эксплуатации вооружения, военной техники и военных объектов. XII Всероссийская научно – техническая конференция "Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации". Москва. Поведники, 13-15 ноября 2018, 4 с.

6. *Попенков А.Я., Хайруллин Р.З.* Применение метода конечных элементов в задачах оценки качества метрологического обеспечения эксплуатации вооружения, военной техники и военных объектов. XII Всероссийская научно – техническая конференция "Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации". Москва. Поведники, 13-15 ноября 2018, 3 с.

СТРАТЕГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА

Чадеев В.М., Аристова Н.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
chavama@ipu.ru, avtprom@ipu.ru

Аннотация: Рассматривается процедура выбора оптимальной (по критерию числа рабочих в системе жизнеобеспечения) схемы автоматизации в автономных системах производства. Используется абстрактная модель производства инвариантная к видам технологических операций (ТО). Рассмотрены три уровня автоматизации на автономной станции: Полностью ручная, без автоматов, сборка изделий. Автоматизация производства изделий с помощью покупных автоматов. Автоматизация производства не только изделий, но и используемых для их производства автоматов. Приводятся алгоритмы определения оптимального распределения типов роботов по видам ТО.

Ключевые слова: самовоспроизведение роботов, автоматизация, степень автоматизации, система жизнеобеспечения, технологическая операция, время выполнения операции, инвариантная к видам технологических операций теория производства

Введение

Существуют ситуации, в которых автоматизация производства стоит особенно остро. Это автономные системы, например, полярные и орбитальные станции. Люди, работающие на станциях должны иметь возможность изготовить любую вышедшею из строя деталь, но для этого на самой станции нужно иметь производство. Целью автоматизации производства в таких системах будет минимизация зависимости от Земли или минимизация импорта.

Для описания любой автономной системы производства необходимо иметь: список всех изготавливаемых в ней изделий (включая роботов), описание процедуры изготовления каждого вида изделия и каждого типа роботов, характеристики роботов как элементов производства, список и характеристики всех видов технологических операции (ТО), необходимые для изготовления всех видов изделий и роботов, общее число людей в автономной системе.

Рассчитаем схему автоматизации автономного производства на основе указанных данных, в которой затраты людей минимальны.

1 Характеристики изделий и роботов автономной системы

Свойства изделий, которые необходимо производить в системе, определяются матрицами [4]:

$$(1)\quad n = \|n_{ki}\|, N = \|N_k\| = \|N_1 \quad N_1 \quad \cdots \quad N_k \quad \cdots \quad N_s\|, D = \|d_k\| = \|d_1 \quad d_2 \quad \cdots \quad d_k \quad \cdots \quad d_s\|$$

где n_{ki} – число ТО i-го вида, необходимое для изготовления одного изделия k-го вида, S - число видов изделий, N_k - число изделий k-го вида, которое необходимо изготовить, d_k – стоимость покупных изделий, необходимых для изготовления одного изделия k-го вида.

Свойства системы роботов, которые будут работать на станции, определяются следующим набором матриц [4]:

$$(2)\qquad b = \|b_{ji}\|, \qquad h = \|h_{ji}\|$$

где b_{ji} – время выполнения ТО *i*-го вида роботом *j*-го типа, *f* – общее число типов используемых на производстве роботов, h_{ji} – число ТО *i*-го вида, необходимое для изготовления одного робота *j*-го типа.

Ресурсы роботов *T*, стоимости роботов *C* и стоимости единицы рабочего времени роботов λ [3] задаются следующим набором матриц, где индекс *j* обозначает тип робота:

$$(3)\qquad T = \|T_j\|, \qquad C = \|C_j\|, \qquad \lambda = \|\lambda_j\|.$$

Для сокращения формул иногда будет удобно рассматривать человека как робота 0-го типа.

Ресурс человека $T_0(t)$ - общий объем его рабочего времени за время работы на станции *t*.

2 Матрица автоматизации

Задача планирования автоматизации автономного производства состоит в распределении работ между людьми и роботами, чтобы минимизировать затраты людей. Для этого как инструмент управления используется матрица автоматизации:

$$(4)\qquad \mathrm{A} = \|\alpha_{ji}\|,\ 0 \le \alpha_{ji} \le 1 \qquad ,\qquad i = 1,2,...,m,\quad j = 0,1,...,m.$$

α_{ij} – уровень автоматизации ТО *i*-го вида, выполняемых роботом *j*-го типа.

Если все ТО *i*-го вида выполняются автоматом, то уровень автоматизации $\alpha_i = 1$, если человеком, то 0. Для всех видов ТО должно выполняться равенство:

$$(5)\qquad \sum_{j=0}^{f} \alpha_{ji} = 1, \qquad i = 1,2,...,m.$$

Стоимость изготовления изделия G(A) является функцией матрицы автоматизации. Оптимальная матрица автоматизации A, при которой стоимость изготовления минимальна, содержит только 0 и 1.

3 Вычисление стоимости изделия

Стоимость автоматизированного изготовления изделия системой роботов с использованием матрицы автоматизации (7) вычисляется по формуле [1, 2]:

$$(6)\qquad G_k(\alpha) = \sum_{i=1}^{m} \alpha_{0i} b_{0i} \lambda_0 n_{ki} + \sum_{i=1}^{m} \alpha_{1i} b_{1i} \lambda_1 n_{ki} + \cdots + \sum_{i=1}^{m} \alpha_{fi} b_{fi} \lambda_f n_{ki},$$

где *m* – число видов ТО, необходимых для изготовления изделия, b_{ij} – время выполнения ТО *i*-го вида автоматом *j*-го типа, λ_j - стоимость единицы рабочего времени автомата *j*-го типа, g_i – время выполнения ТО *i*-го вида человеком, *f* – общее число типов роботов, доступных для автоматизации, n_{ij} – число одинаковых ТО *i*-го вида, необходимых для изготовления изделия $G_k(\alpha)$.

В (6) первая сумма - это затраты человека, вторая – затраты робота первого типа, последняя - затраты робота *f*-го типа.

4 Данные, необходимые для расчета автономных систем жизнеобеспечения

Исходные данные, необходимые для расчетов, должны содержать информацию об изделиях, которые будут использоваться на станции, о технологии их изготовления и о доступных средствах автоматизации их производства.

5 Порядок расчета автономной системы жизнеобеспечения

5.1. Требуемое количество рабочей силы

Вычисляем стоимость ручного изготовления каждого из S видов изделий

(7) $$G_k = \sum_i g_i n_{ki}, \qquad k=1, 2, \ldots S.$$

Затем вычисляется стоимость изготовления всех S партий изделий

(8) $$G = \sum_i G_k N_k .$$

Наконец, вычисляется необходимое число рабочих:

(9) $$N0=G/T0,$$

где T_0 – годовой ресурс рабочего.

5.2. Оптимальный вектор автоматизации

Задача выбора оптимальной схемы автоматизации состоит в том, чтобы определить какой тип робота выполняет заданный вид ТО с максимальной эффективностью. Первый критерий отбора – время выполнения ТО. Второй критерий отбора – стоимость выполнения ТО.

Порядок определения вектора автоматизации по критерию стоимости выполнения ТО.

Сначала вычисляется стоимость единицы рабочего времени всех типов роботов:

(10) $$\lambda_j = C_j / T_j, \quad j=0, 1, \ldots f.$$

Составляется матрица стоимости выполнения всех видов ТО всеми типами роботов с элементами

(11) $$X = \left\| x_{ij} \right\| = \left\| b_i \lambda_j \right\|, \qquad i=1, 2, \ldots m; \quad j=0, 1, \ldots f.$$

В каждой строке, соответствующей определенному виду ТО, матрицы X выбирается минимальное значение стоимости выполнения и тип робота, соответствующий этому столбцу:

(12) $$z_i = \min < x_{i0} \quad x_{i1} \quad \cdots \quad x_{if} >, \qquad i=1, 2, \ldots m.$$

где z_i – минимальная стоимость выполнения ТО *i*-го вида одним из (*f*+1) типов роботов.

Формируется оптимальный вектор автоматизации

(13) $$Z(x) = Z(z_1 \quad z_2 \quad \cdots \quad z_i \quad \cdots \quad z_f),$$

где z_i – минимальная стоимость выполнения ТО *i*-го вида одним из (*f*+1) типов роботов.

(14) $$Rz = Rz(Rz1 \quad Rz2 \quad \cdots \quad Rzi \quad \cdots \quad Rzf),$$

где *Rzi* – тип робота, который выполняет ТО *i*-го вида за минимальную стоимость.

5.3. Вычисление минимальной стоимости изделий

Оптимальная стоимость одного изделия *k*-го вида вычисляется по формуле:

(15) $$C_k = \sum_i z_i n_{ki} . \qquad k=1, 2, \ldots, S,$$

где z_i – стоимость выполнения ТО *i*-го вида роботом *Rzi* из (24), что автоматически обеспечивает минимальную достижимую в данной системе роботов стоимость изделий.

Стоимость всех партий изделий

(16) $$C = \sum_k C_k N_k .$$

Алгоритм гарантирует экономию труда по сравнению с ручной сборкой.

5.4. Время работы каждого типа роботов в системе роботов

Время, истраченное роботом типа R*zi* на изготовление всех изделий *k*-го вида:

(17) $$q_{ki} = N_k n_{ki} b_i ,$$

где N_k – величина партии изделий *k*-го вида, n_{ki} – число ТО *i*-го вида, необходимое для изготовления одного изделия *k*-го вида, b_{iz} – время выполнения ТО *i*-го вида роботом R*zi*.

Необходимое число роботов, выполняющих ТО *i*-го вида по минимальной стоимость, для выполнения всей программы:

(18) $$N_{Ri} = Q_i / T_{Ri},$$

где N_{Ri} – число роботов, Q_i – объем работ, T_{ri} – ресурс робота.

Выводы. Проектирование автоматизированной автономной системы производства

Представлен алгоритм организации автономного автоматизированного производства.

1). Вычислить оптимальный вектор автоматизации, соответствующий имеющейся системе роботов и заданным спискам ТО. Необходимо разобрать две схемы автоматизации: одна обеспечит минимальное время изготовление изделий, другая - минимальную их стоимость. 2). Вычислить стоимость изделий при изготовлении по оптимальной схеме. 3). Определить объем занятости каждого типа роботов. 4). Определить необходимое число рабочих. 5). Определить необходимое число роботов каждого типа. 6). Определить оптимальную схему автоматизации покупными роботами. 7). Определить оптимальную схему автоматизации изготавливаемыми роботами.

Литература

1. *Чадеев В. М., Аристова Н. И*. Самовоспроизведение механических роботов. М.: СИНТЕГ. 2012. - 312 с. ISBN *978-5-89638-123-5*.

5. *Аристова Н. И., Чадеев В.М.* Оценка эффекта автоматизации массового производства // Автоматизация в промышленности. 2016. №5. с 6-9.

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БЕСКОНТАКТНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Черников Б.В.[1,2] , Гайдук И.О[3]., Борисова Е.А.[2]

[1]ООО «Газпром ВНИИГАЗ», [2]РЭУ им. Г.В. Плеханова,

[3]Московский институт электронной техники

bor-cher@yandex.ru, igolgai@mail.ru, lb20062006@yandex.ru

Аннотация: С каждым днем растет интерес к технологиям трехмерного сканирования. Приоритетными являются технологии бесконтактного сканирования, так как они не разрушают объект исследования. Статья посвящена анализу основных методов трехмерного бесконтактного сканирования с целью определения наиболее сложных этапов.

Ключевые слова: бесконтактное сканирование, облако точек, совмещение.

Введение

В настоящее время все большую популярность набирают технологии 3D-печати и, как следствие, трехмерного сканирования. Согласно материалов различных интернет-ресурсов рынок 3D-сканеров должен достичь отметки приблизительно в $5 млрд. в 2020 году и показать темпы роста годовой прибыли около 12%.

На текущий момент трехмерное сканирование применяется в промышленности в задачах виртуального испытания предлагаемых конструкций и для составления документации по существующим объектам. В архитектуре, строительстве и археологии с помощью данной технологии получают точные копии имеющихся объектов, что позволяет проводить ремонт и реставрацию в случае отсутствия официальной документации [1]. А также задача распознавания образов, которая применима как в военной сфере для обнаружения техники противника, так и в повседневной жизни в активно разрабатываемых в данный момент автопилотах и системах идентификации по лицу [2]. И это далеко не все возможные сферы применения.

Характеристика процесса формирования модели

Основная сложность процесса сканирования заключается в том, что любой объект, как микро, так и макроуровня невозможно полностью отсканировать с одного ракурса. Результатом сканирования, проведенного с одного ракурса, является набор координат поверхности объекта относительно сканирующего устройства, однако итогом сканирования объекта должна выступать единая модель, для получения которой проводится слияние облаков точек полученных с разных ракурсов в единое облако, которое в результате триангуляции станет трехмерной моделью. Процесс слияния – сложная и ресурсоемкая математическая задача.

Составление единой трехмерной модели на основе данных многоракурсного бесконтактного сканирования происходит в несколько этапов (рис.1).

Проблема полноты покрытия сканируемого пространства возникает во всех областях задачи сканирования. С высокой точностью можно сканировать лишь относительно небольшие участки поверхности из-за ограниченной чувствительности аппаратных решений. Это приводит к необходимости проводить сканирование каждого фрагмента объекта с нескольких ракурсов, что значительно увеличивает количество сканов.

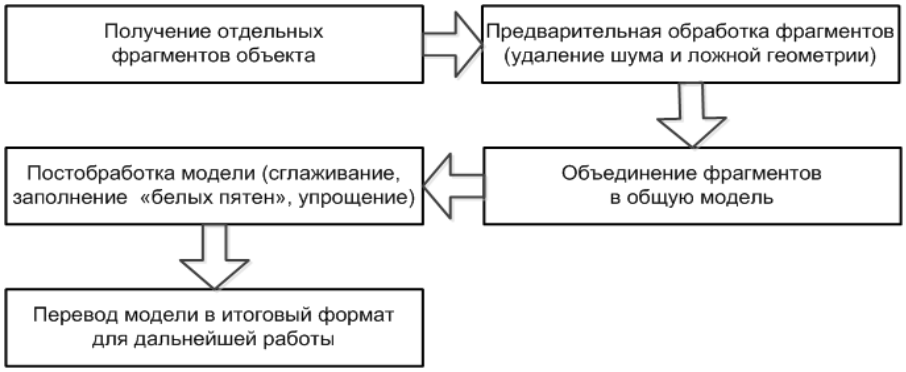


Рис. 1. Этапы составления единой трехмерной модели [3]

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее трудоемким и ресурснозатратным этапом при создании единого облака точек на основе данных бесконтактного трехмерного сканирования является совмещение нескольких сканов в единую модель.

Актуальность и цель исследования

В связи с активным расширением потребности рынка в технологии трехмерного сканирования возникает необходимость совершенствования технологии в аспекте доступности и быстродействия. Трехмерное сканирование уже значительно повысило качество контроля выхода годных деталей на конвейерах, упростило жизнь дизайнерам и позволило сделать первые шаги к действующим системам автопилотирования. В то же время решение ряда весьма важных задач, обрабатываемых существующими разработками, может быть значительно упрощено благодаря повышению эффективности применяемого инструментария.

Целью данной статьи является анализ существующих методов совмещения нескольких облаков точек и определение подходов к формированию единой модели, а также определение задач дальнейшего исследования.

Совмещение с применением геолокации

Наиболее «непопулярным» методом на данный момент является совмещение облаков точек по геолокации. Сама по себе идея выглядит очень привлекательно, так как, зная положение сканирующего устройства в пространстве, для сборки единой трехмерной модели было бы необходимо лишь сместить матрицу координат облака точек на вычисленные координаты (X;Y;Z) и повернуть относительно начала координат в соответствии с показаниями встроенного компаса. Ключевой проблемой стала точность геолокации: нет никакого смысла в сканировании, проводимом с точность до миллиметров, если способ совмещения дает погрешность в пару метров в лучшем случае.

Несмотря на перечисленные недостатки нельзя сказать, что геолокация абсолютно игнорируется современными методами совмещения нескольких облаков точек. Чаще всего она используется как вспомогательный инструмент для ориентировочного сопоставления данных, после чего запускаются более точные и эффективные, однако и более ресурсоемкие, методы.

Совмещение по совокупности положений сканера

Метод, осуществляющий сборку модели по строго заданной очередности прохода состояний и расстояний между ними, во многом напоминает метод сканирования с использованием данных геолокации. Итоговое облако создается в процессе сканирования без дополнительных затрат на совмещение, но это справедливо только для объектов сопоставимых с габаритами установки.

Подобный алгоритм применяется в сканерах объектов с поворотным столом либо системой перемещения по координатной сетке. Но даже в случае совпадения размеров сканируемого предмета и возможностей установки могут возникнуть трудности. В частности, хоть точность шаговых

двигателей и червячных механизмов гораздо выше, чем определение положения по геолокации, они обладают погрешностью, которая для данных механизмов накапливается на сотые доли процента от размера шага. Это вносит серьезную погрешность при малом размере шага и может быть устранено только при проходе калибровочных отметок, что было выяснено при проведении собственного натурного эксперимента.

Оптимально метод, осуществляющий сборку модели на основе строго заданной очередности прохода состояний и расстояний между ними, использовать в задачах, не требующих высокой точности. К таким задачам можно отнести, например, перенос реальных объектов в виртуальную реальность в сфере развлечений, поскольку никакого особого влияния на результат небольшое несоответствие модели реальному объекту не повлечет. В задачах же, имеющих высокие требования к достоверности объекта, данный метод допустим к использованию, но лишь с условием последующей дополнительной обработки одним из более точных алгоритмов совмещения.

Совмещение по маркерам

Наиболее быструю сборку единой трехмерной модели на основе данных сканирования обеспечивает метод совмещения облаков точек по маркерам. В основе данного метода лежит предварительное расположение маркеров на объекте исследования, которые будут выступать в качестве опорных объектов. Простановка трех маркеров в области видимости двух устройств позволяет однозначно идентифицировать взаимное расположение сканирующих модулей относительно друг друга.

С точки зрения совмещения нескольких облаков точек метод с маркерами представляется идеальным, однако существует несколько аспектов, которые делают перечисленные достоинства не столь значительными.

Во-первых, метки на объекте должны располагаться таким образом, чтобы в области видимости сканера постоянно находилось как минимум три маркера. Во-вторых, серьезной проблемой становится конструкция меток и их определение в области видимости устройства.

Метод идентификации положения устройства относительно объекта по маркерам является одним из приоритетных для данной области, однако необходимость предварительной простановки меток существенно снижает его достоинства.

Совмещение по опорным объектам

Последним из рассматриваемых методов совмещения нескольких облаков точек в единую трехмерную модель является метод алгоритмического совмещения по опорным объектам.

Данный метод работает схожим образом с упоминавшейся модификацией метода, использующего маркеры определенной формы, только форма предмета-метки заранее неизвестна. Форма опорных объектов выбирается в зависимости от конфигурации контуров объекта исследования. Поскольку расположение этих объектов относительно сканирующего модуля однозначно характеризует его местоположение, они выступают в качестве маркеров естественного происхождения.

К недостаткам данного метода относится, в первую очередь, необходимость проведения предварительной триангуляции облака точек для поиска опорных объектов. Таким образом, вместо однократного вычисления триангуляционной модели, объем вычислений вырастает в $N * k$ раз, где N – количество облаков точек для совмещения, k – отношение количества точек в облаке к общему количеству точек в итоговой модели. Во-вторых, следует обратить внимание на необходимость задания формы опорных объектов в зависимости от типа сканируемого объекта. В-третьих, общая вычислительная сложность метода является достаточно высокой, как в области поиска опорных объектов, так и в области последующего сравнения произвольных точек с целью определения корректности проведенного слияния.

Сравнительный анализ методов совмещения облаков точек

Для проведения сравнительного анализа методов совмещения нескольких облаков точек в одно необходимо учитывать следующие критерии: точность, наличие подготовки объекта к сканированию, скорость совмещения и допустимые размеры объектов. Метод совмещения облаков точек на основе определения опорных объектов дает наибольшую свободу пользователю в области выбора объекта исследования и общей гибкости алгоритма, что отражено в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ методов совмещения облаков точек

Методы \ Критерии	Высокая точность	Отсутствует подготовка к сканированию	Быстрый процесс совмещения	Сканирование макрообъектов	Сканирование микрообъектов
Использование геолокации	–	+	–	+	–
Сканирование с фиксированным шагом	+	–	–	+ / –	+ / –
Совмещение по маркерам	+	–	+	+	+ / –
Определение опорных объектов	+	+	–	+	+ / –

Обобщая результаты проведенного анализа, необходимо отметить общую проблему всех рассмотренных методов и трехмерного сканирования в целом. Проблема заключается в возникновении областей на итоговой модели, либо не содержащих ни одной точки, либо содержащих слишком малое количество точек для достоверного воспроизведения объекта.

Наименьшие сложности вызывает эта проблема при использовании метода, работающего с маркерами, в силу его наименьшей вычислительной сложности, так как для ее решения нужно будет лишь снять еще одно облако точек с подходящей позиции.

Направления последующего исследования

В настоящее время активно развиваются технологии трехмерной печати биологическими материалами и промышленного прототипирования. Данное развитие стимулирует своершенствование технологий бесконтактного сканирования. Основной упор при разработке новых методов следует сделать на унификацию существующих решений, сокращение времени и ресурсоемкости проведения сканирования.

Направлением дальнейшего развития методов совмещения нескольких облаков точек в единую 3D-модель целесообразно принять разработку эффективных алгоритмов поиска опорных объектов на основе использования искусственных нейронных сетей. Такой подход обеспечит возможность определения опорных объектов на более раннем этапе по сравнению с действующими аналогами. Подобные алгоритмы позволят значительно сократить вычислительную сложность операции совмещения облаков точек и минимизировать участие оператора. В рамках исследований по реализации этого подхода необходимо решить следующие задачи.

1. Проанализировать существующие методы совмещения нескольких облаков точек в единую модель.
2. Разработать и проанализировать архитектуры нейронных сетей, характерных для задач распознавания образов.
3. Сформировать алгоритм и методику нахождения опорных объектов в исходных данных на базе искусственных нейронных сетей.
4. Проанализировать преимущества новой методики по сравнению с существующими.

Выводы

1. На основании проведенного анализа методов решения проблем совмещения нескольких облаков точек в одно и их недостатков наиболее универсальным следует признать метод совмещения на основе определения опорных объектов.
2. В качестве основного недостатка метода совмещения облаков точек через определение опорных объектов выделена высокая вычислительная сложность и чувствительность к выбору геометрических примитивов, фигурирующих в качестве опорных объектов. Высокая загрузка вычислительных ресурсов обусловливает несовершенство существующих методов и требует поиска путей сокращения этой нагрузки.
3. Сформулированы цели и задачи на последующее исследование, направленное на совершенствование методов получения единой 3D-модели на основе использования искусственных нейронных сетей. Предполагается, что совершенствование алгоритмов обработки результатов сканирования позволит степень влияния недостатков методов построения единой 3D-модели.

Литература

1. Вавулин М., Зайцева О., Пушкарев А. Методика и практика 3D сканирования разнотипных археологических артефактов // Сибирские исторические исследования. 2014. № 4. С. 21-37.

2. Жулев Е.Н., Ершов П.Э. Методика контактного 3D сканирования окклюзионной поверхности зубных рядов // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2007. № 2. С. 81-87.

3. Овечкин Р.М., Финогеев А.Г. Синтез трехмерных объектов на основе технологий светового и ультразвукового сканирования // Тр. Межд. симпозиума «Надежность и качество». – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2010. Т. 1. С. 20-22.

ПОИСК СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Черников Б.В.[1,2], Кремер Е.А.[3], Борисова Е.А.[2]

[1]ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва

[2]Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва,

[3]Московский институт электронной техники, г. Москва

bor-cher@yandex.ru, kremerea@gmail.com, lb20062006@yandex.ru

Аннотация: Увеличение количества текстовых документов, применяемых на предприятиях, влечет за собой рост трудозатрат, направленных на создание этих документов. Применение лексикологического синтеза может позволить исправить сложившуюся ситуацию. В работе рассмотрена методика сокращения объема текстовых документов на предприятиях микроэлектронной промышленности.

Ключевые слова: лексикологический синтез, методика, хранение информации, слабоформализуемый документ, индексная последовательность.

Введение

В настоящее время документооборот на предприятиях в большинстве случаев осуществляется в бумажном виде, несмотря на широкое распространение персональных компьютеров и применение на предприятиях систем электронного документооборота. Данный факт обуславливает необходимость наличия архива бумажных документов значительных объемов.

Преобладание бумажных документов над электронными копиями определяется рядом причин, к которым можно отнести следующие:

- требования документов, регламентирующих документооборот внутри предприятия (помимо внутренних стандартов предприятия сюда входят государственные и ведомственные стандарты);
- недостаточное распространение электронных средств защиты текстовых документов, таких как электронная подпись;
- требования предоставлениям документов регулирующим органам, вышестоящим организациям и партнерам в бумажном виде;
- высокая юридическая значимость.

Документы, используемые для информационного обмена на предприятиях микроэлектронной промышленности, в подавляющем большинстве являются слабоформализуемыми, поскольку их содержание сильно зависит от конкретной ситуации, однако при этом необходимо обеспечить возможность учета всех нюансов документируемой ситуации.

Слабоформализуемые документы – полнотекстовые, табличные либо смешанные документы, содержание которых существенным образом связано с произвольной, меняющейся от конкретной ситуации структурой. Это документы, обладающие достаточно высокой степенью вариативности. В связи с этим содержательная структуризация слабоформализуемых документов может требовать детализации как взаимосвязи, так и взаимной зависимости композиции текста вплоть до атомарных значений – фрагментов фраз, слов, и даже частей отдельных слов [1].

Актуальность исследований в области документооборота, документирования, хранения и передачи информации обусловливается приоритетной программой правительства «Информационное общество» [2], а также общим увеличением количества и объема хранимых электронных документов.

Целью данного исследования является разработка методики сокращения размера слабоформализуемых документов при хранении на предприятиях микроэлектронной промышленности при помощи лексикологического синтеза.

1 Лексикологический синтез

Лексикологический синтез – формирование текстовых фрагментов путем создания фраз на основе набора опорных слов, который формируется по результатам глубокого анализа текста документа путем связывания текстовых фрагментов с конкретным опорным словом, входящих в состав фраз или выражений формируемого текста.

Основой лексикологического синтеза является тот факт, что каждая область и сфера работы на предприятии сопровождается конкретным комплексом документов. Любой документ, описывающий ситуацию в исследуемой отрасли, содержит переменную и постоянную информацию. При анализе текстового документа можно выделить постоянную информацию, характерную именно для данного вида документов. К постоянной информации добавляется переменная информация, которая может принадлежать конечному множеству вариантов, если текст заранее унифицирован. Поскольку множество вариантов конечно, то, объединив их, можно информацию отнести к разряду переменной унифицированной. При создании документа постоянная информация вносится автоматически, а переменная унифицированная информация внедряется после выбора нужных вариантов из сохраненного множества.

2 Методика снижения нагрузки на системы хранения предприятия

Рассмотрим методику сокращения объема документов с помощью лексикологического синтеза (рис. 1).

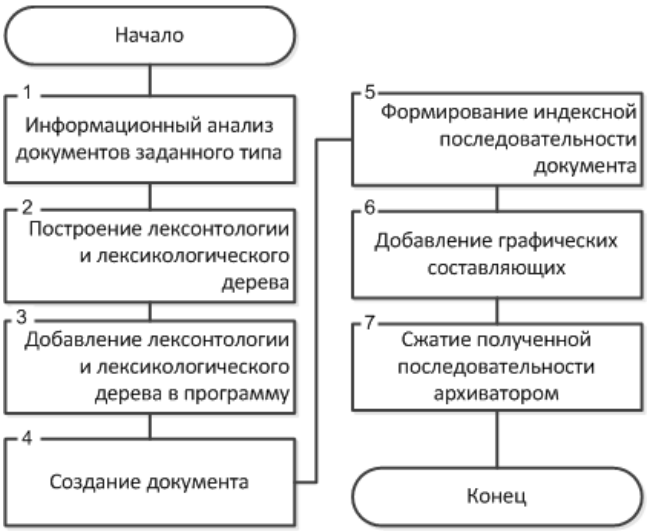


Рис. 1. Методика сокращения объема документов

1. На первом этапе необходимо провести глубокий информационный анализ того вида документов [3], создание которых планируется автоматизировать. Количество и наличие информации в документе изменяются. На присутствие или отсутствие информации в документе влияют различные факторы. Ситуаций, в которых создаваемые документы будут совпадать, практически не бывает.

Для возможности применения лексикологического синтеза необходимо проанализировать структуру информации, которая содержится в документе. Вся информация традиционно делится на постоянную и переменную. Постоянная информация – неизменная информация, которая используется в течение длительного периода времени без каких либо изменений. Переменная информация отражает фактические количественные и качественные характеристики деятельности предприятия, которые необходимо закрепить в документе. К переменной информации можно отнести всю информацию, которую необходимо вводить в документ при каждом его заполнении.

2. На втором этапе строится лексикологическая схема (лексонтология) и лексикологическое дерево документа заданного вида.

На основе лексического анализа выделяются фрагменты документа, которые определяются конкретным словом либо словосочетанием, обозначающим наличие конкретной формулировки в документе. Такие слова называются опорными. Основным критерием включением какого-либо слова или словосочетания во множество опорных слов является его однозначное понимание и применение.

Далее сформированное множество опорных слов применяется для создания лексикологической схемы (лексонтологии) и дерева документов. Лексонтология документа представляет собой модель взаимной связи опорных слов, входящих в состав сформированного множества и используемых в процессе создания документов данного вида с учетом вариативности отдельных экземпляров [1].

3. На третьем этапе сформированная лексонтология и лексикологическое дерево импортируются в исполняемую программу, с которой будут работать составители и создатели документов.

4. На четвертом этапе происходит создание документа.

5. На пятом этапе формируется индексная последовательность на основе внесенной в документ информации.

Фиксация индексной последовательности, соответствующей выбираемым опорным словам, осуществляется пошагово в рамках организуемого цикла выбора опорных слов. В случае отсутствия в лексонтологии унифицированного варианта формулировки, определяемого опорным словом, в индексную последовательность внедряется вводимый неунифицированный фрагмент. По завершении процесса формирования документа в разделе подписей фиксируется индекс подписи должностного лица (исполнителя документа), который также конкатенируется в индексный информационный пакет.

Принципиальным отличием данного варианта от классического способа формирования индексной последовательности является использование двоичных кодов, где «0» – опорное слово не выбрано, а «1» – опорное слово выбрано. В рамках каждого уровня фиксируется своя двоичная последовательность, которая переводится в десятичную систему, получая тем самым одно десятичное число на уровень. Все уровни располагаются друг за другом через пробел. В случае наличия неунифицированных фрагментов они располагаются после десятичного числа соответствующего уровня и располагаются внутри символов «(» и «)», а после завершения формирования последовательности конкатенируются в одну строку, после чего сжимаются с помощью выбранного алгоритма архивации, а потом добавляются в конец индексной последовательности, а все предыдущие неунифицированные фрагменты удаляются, и заменяются номерами, соответствующими номерам в конкатенированной строке.

6. На шестом этапе к сформированной индексной последовательности добавляются графические составляющие, такие как логотипы, картинки и т.п. В конец последовательности дописывается индекс графической составляющей.

7. На седьмом этапе полученная последовательность дополнительно сжимается архиватором.

3 Выводы

В результате исследования получены следующие результаты:

1. Предложена методика сокращения текстовых документов и доказана ее эффективность на примере технологической инструкции.

2. Разработанная методика определяет четкую последовательность действий для сокращения объема текстового документа и позволяет применять ее на предприятиях микроэлектронной промышленности.

3. В результате исследования выявлены следующие проблемы, на которые будет направлено дальнейшее исследование:

- возможен большой объем неунифицированной информации в индексной последовательности, что существенно увеличит ее размер – следует проанализировать способы сокращения ее объемов;
- необходимость возможности внедрения в документ неиндексированных графических материалов в последовательности, что влечет необходимость совершенствования метода добавления индекса графических компонентов в документ.

Литература

1. Черников Б.В. Лексикологический синтез документов в комплексах информационных систем. – М.: ИД «ФОРУМ». – 2017. – 336 с.

2. Государственная программа Российской Федерации «Информационное общество (2011-2020 годы)» (утверждена постановлением правительства Российской Федерации от 15.04.2014 №313) // Собрание законодательства РФ, 05.05.2014, № 18 (2 ч.), ст. 2159.

3. Черников Б.В., Кремер Е.А. Анализ информации текстовых документов предприятий микроэлектронной промышленности// Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 5, с. 168-172.

СЕКЦИЯ 13: МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДЫ И ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАБОТКИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БОЛЬШИХ МАССИВОВ ИНФОРМАЦИИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АНОМАЛИЙ СЕТЕВОГО ТРАФИКА В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Амосов О.С., Амосова С.Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
osa18@yandex.ru, amosovasg@yandex.ru,

Иванов Ю.С., Жиганов С.В.

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
Россия, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, д.27
ivanov_ys@icloud.com, zhiganov@knastu.ru

Аннотация: Предлагается распознавание аномалий сетевого трафика с использованием различных архитектур глубоких нейронных сетей. Проведен эксперимент по обнаружению DoS атак. Выявлены влияния комбинаций слоев нейронных сетей на характеристики точности. Новым является усиление классификации путем подкрепления входного вектора его кластерной оценкой.

Ключевые слова: аномалия сетевого трафика, сетевая атака, классификация, глубокая нейронная сеть, DoS.

Введение

Распознавание аномального трафика, вызванного сетевой атакой, является одной из актуальных проблем защиты информации в корпоративных сетях. Наиболее распространенной атакой является DoS-атака (англ. Denial of Service), приводящая к отказу в обслуживании. Для решения данной задачи предлагалось использовать решающие деревья [1], фрактальный и вейвлет-анализ [2, 3], генетические алгоритмы [4], нечеткую логику [5], машинное обучение [6] и глубокие нейронные сети (ГНС) [7, 8].

В настоящее время в связи с большим интересом к ГНС представляет интерес разработка эффективного по точности и быстродействию метода интеллектуального анализа аномалий сетевого трафика в режиме реального времени на основе глубоких НС. Этому и посвящена статья.

1 Постановка задачи

Пусть имеются: множество образов сетевого трафика $\omega \in \Omega$, заданных признаками x_i, $i=\overline{1,n}$, совокупность которых для образа ω представлена векторными описаниями $\mathbf{\Phi}(\omega)=(x_1(\omega),x_2(\omega),...,x_n(\omega))=\mathbf{x}$; множество классов $\mathrm{B}=\{\beta_1,...,\beta_k,...,\beta_c,\}$, c – количество классов. Априорная информация представлена обучающим множеством (датасетом) $\mathrm{D}=\left\{\left(\mathbf{x}^j,\beta^j\right)\right\}, j=\overline{1,L}$.

Заметим, что обучающее множество характеризует неизвестное отображение $^*\mathbf{F}:\Omega\to\mathrm{B}$.

Требуется по имеющимся пакетам $\mathbf{P}_t$ непрерывного сетевого трафика $\mathbf{N}=(\mathbf{P}_1,..,\mathbf{P}_t,..,\mathbf{P}_\tau)$ и априорной информации, решить задачу распознавания образов: обнаружить образы ω в виде оценки признаков $\tilde{\mathbf{x}}$ с помощью отображения [9] $\mathbf{F}_1:\mathbf{P}_t\to\tilde{\mathbf{x}}$ и классифицировать их с использованием отображения $\mathbf{F}_2:\tilde{\mathbf{x}}\to\beta_k$, $k=\overline{1,c}$ в соответствии с заданным критерием $\mathrm{P}(\tilde{\mathbf{x}})$, минимизирующим вероятность ошибки. Таким образом, необходимо найти отображение $\mathbf{F}:\mathbf{P}_t\to\beta_k$, $k=\overline{1,c}$, при котором $\mathbf{F}$ – является набором функций и алгоритмов $\mathbf{f}_i$, $i=\overline{1,N_f}$.

Отображение $\mathbf{F}:\mathbf{P}_t\to\beta_k$ реализуется на основе предлагаемого вычислительного метода, содержащего следующие этапы: 1) предобработка данных; 2) уточнение области интереса; 3) выделение информативных признаков и классификация.

2 Решение задачи распознавания аномалий сетевого трафика

2.1 Предобработка данных

Нормализация признаков. Для обучения и тестирования использовался датасет CICIDS2017 [6]. Для увеличения количества примеров под DoS атакой будем понимать все виды DoS атак датасета.

Значения параметров в векторе для обучения имеют очень большой разброс (распределение) и масштаб. Необходимо выполнить нормализацию при помощи метода Z-score.

Кластеризация обучающей выборки. Для снижения размерности необходимо провести кластеризацию обучающей выборки, в которой присутствовало 97 686 примеров DoS атак и 128 025 нормальных пакетов. В качестве алгоритма кластеризации предлагается использовать двуэтапный алгоритм BIRCH [10] (англ. Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies).

В результате кластеризации выборка была разбита на 2000 кластеров, а каждый нормированный вектор пакета $\mathbf{z}$ был представлен его кластерной оценкой $\tilde{\mathbf{z}}$ – номером кластера $v = \overline{1,2000}$.

На рисунке 3 представлена визуализация сетевой атаки типа DoS (а) и нормального трафика (б) в виде временного ряда, где по оси Ox –сетевые пакеты, а по оси Oy – номера кластеров.

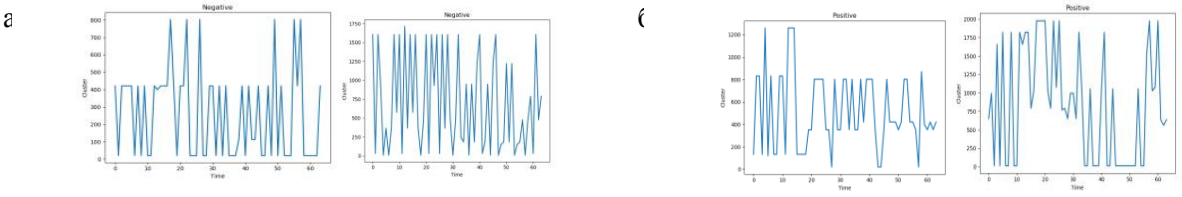


Рис. 3. Визуализация трафика

2.2 Уточнение области интереса

Необходимо выполнить анализ последовательности сетевых пакетов и обобщить полученную информацию за определенный временной интервал. Тогда сканирующим окном является последовательность исходных пакетов:

$$\mathbf{W}_t = concat(\mathbf{P}_t, \ldots \mathbf{P}_{t+n}) \cong concat(\mathbf{z}_t, \ldots \mathbf{z}_{t+n}) \cong [\tilde{\mathbf{z}}_t, \ldots \tilde{\mathbf{z}}_{t+n}], \quad (1)$$

где $n = 64$ – количество пакетов, concat – операция конкатенации нескольких подряд идущих кадров в многомерный массив, $\tilde{\mathbf{z}}_t$ – номер кластера нормированного пакета $\mathbf{z}_t$, а смещение окна равно 10. Также можно сканировать трафик по последовательности нормированных пакетов или последовательности номеров кластеров.

2.3 Выделение информативных признаков и классификация

В качестве классификатора DoS атаки нами разработаны и протестированы 8 различных архитектур ГНС, построенных комбинацией слоев одномерной свертки, полносвязных слоев (англ. Dense) и рекуррентных слоев LSTM. Обучение ГНС производится с использованием обучающего множества, состоящего из 691 406 пакетов, разбитых на 69 141 окон.

2.4 Пример обнаружения аномального сетевого трафика

Был проведен эксперимент на оборудовании со следующими параметрами: ЦПУ Intel Core i7-5820K, графический процессор (ГПУ) 1080 Ti. Размер тестирующей выборки – 225711 последовательных пакетов, разбитых на 22565 сканирующих окон. Были получены результаты (таблица 1) для метрик Precision, Recall F1-score по классам и для Accuracy, AUC – в общем.

Таблица 1. Результат классификации

Показатель 0/1 или общий / Нейронная сеть	**Precision**	**Recall**	**F1-score**	**Acc.**	**AUC**
2 рекуррентных слоя LSTM	1,00/0,89	0,83/1,00	0,90/0,94	0,92	0,91
6 слоев свертки	0,99/0,99	0,99/0,99	0,99/0,99	0,99	0,99
K-means и 2 рекуррентных слоя LSTM	0,95/0,87	0,80/0,97	0,87/0,91	0,90	0,88
BIRCH и 2 рекуррентных слоя LSTM	0,76/0,85	0,81/0,81	0,79/0,73	0,81	0,81
K-means и 6 слоев свертки	0,99/0,96	0,95/0,99	0,97/0,98	0,97	0,97
BIRCH и 6 слоев свертки	0,98/0,97	0,96/0,99	0,97/0,98	0,97	0,97
BIRCH и 9 слоев свертки	0,99/0,98	0,98/0,99	0,98/0,99	0,99	0,98

Показатель 0/1 или общий / Нейронная сеть	**Precision**	**Recall**	**F1-score**	**Acc.**	**AUC**
2 рекуррентных слоя LSTM	1,00/0,89	0,83/1,00	0,90/0,94	0,92	0,91
6 слоев свертки	0,99/0,99	0,99/0,99	0,99/0,99	0,99	0,99
Дуальная архитектура с 6 слоями свертки	0,99/0,99	0,99/1,00	0,99/0,99	0,99	0,99

Дуальная архитектура сети позволяет повысить точность классификации до 99% путем подкрепления входного вектора меткой его кластера. Применение кластеризации в качестве предобработки для глубоких архитектур нейросетей, работающих на ГПУ, позволяет значительно повысить скорость обработки и делает возможным обнаружение DoS атак в высоконагруженных корпоративных сетях. Скорость обработки 32 768 окон, соответствующих 512 с трафика, составляет от 1,8 с до 2 с, что достаточно для работы в реальном времени.

Заключение

Дана постановка задачи распознавания аномалий сетевого трафика.

Для распознавания аномалий сетевого трафика предлагается вычислительный метод с использованием глубоких нейронных сетей и методов кластеризации. Экспериментально показано, что применение кластеризации совместно со сверточными слоями позволяет достигнуть хороших результатов в режиме реального времени при решении задач информационной безопасности. За счет применения операции свертки существенно снижается количество настраиваемых параметров по сравнению с традиционными НС, а чередование сверточных слоев позволяет выстроить иерархию признаков и с достаточно высокой скоростью и точностью распознавать начало атаки. С использованием дуальной сети была получена точность классификации 99,26%.

Реализован подход для обнаружения сетевой атаки типа DoS. В отличие от предлагаемых ранее подходов в работе применяется сканирующее окно, размерность которого снижена путем кластеризации данных. Перспективным направлением исследования является реализация многоклассовой классификации, алгоритма реакции и предотвращения последствий атаки с использованием алгоритмов нечеткой логики.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России научного проекта – госзадания в рамках проектной части № 2.1898.2017/ПЧ "Создание математического и алгоритмического обеспечения интеллектуальной информационно-телекоммуникационной системы безопасности вуза".

Литература

1. Riyazahmed A.J. Network Intrusion Detection System Using Machine Learning // Indian Journal of Science and Technology Vol. 11. 2018, №48. – P. 1-6 .

2. Амосов О.С., Магола Д.С., Баена С.Г. Сетевая классификация атак в задачах информационной безопасности на основе интеллектуальных технологий, фрактального и вейвлет-анализа // Ученые записки КнАГТУ. 2017. № IV-1 (32). – С. 19-29.

3. Пащенко Ф.Ф., Амосов О.С., Муллер Н.В. Структурно-параметрическая идентификация временного ряда с применением фрактального и вейвлет-анализа // Информатика и системы управления. 2015. №2(44).– С.80-88.

4. Resende P.A.A., Drummond A.C. Adaptive anomaly based intrusion detection system using genetic algorithm and profiling // Security Privacy Vol. 1. 2018, №4. – P. 1-13.

5. Haripriya A.P., Kulothungan K. Secure-MQTT: an efficient fuzzy logic-based approach to detect DoS attack in MQTT protocol for internet of things // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking Vol. 2019. 2019, №1. -P 90-105.

6. Sharafaldin I., Habibi Lashkari A., Ghorbani A. Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization // In Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy Vol. 1. -P 108-116.

7. Chockwanich N., Visoottiviseth V. Intrusion Detection by Deep Learning with TensorFlow // 21st International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2019. – P. 654-659.

8. *Амосов О.С., Магола Д.С., Пащенко Ф.Ф., Амосова С.Г.* Классификация сетевых атак на основе глубоких нейронных сетей с 1D-сверточными и рекуррентными слоями // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления, ВСПУ-2019, Москва, 17-20 июня 2019 г. – С. 1-5.

9. Амосов О.С. Фильтрация Марковских последовательностей на основе байесовского, нейросетевого подходов и систем нечеткой логики при обработке навигационной информации // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2004, № 4. – С. 61-69.

10. Zhang T., Ramakrishnan R., Livny M. BIRCH: An Efficient Data Clustering Method for Very Large Databases // Proceedings of the 1996 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. 2019. -P 103-114

11. *Friedman J.H.* Stochastic gradient boosting // Computational Statistics and Data Analysis Computational Statistics & Data Analysis Vol. 38, Issue 4, 2002, P. 367-378

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Болодурина И.П., Парфёнов Д.И.

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург, пр. Победы д. 13
Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН,
Россия, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29
prmat@mail.osu.ru

Аннотация: Одним из наиболее важных направлений применения интеллектуальной обработки изображений является «умное» сельское хозяйство. Цифровая обработка исходных данных позволяет сократить расходы, связанные с выращиванием культур. На основе исходных данных, получаемых с исследуемого участка земли современные прикладные системы позволяют осуществлять не только мониторинг, но и прогнозирование урожайности. В свою очередь своевременный сбор данных позволяет усилить контроль за проводимыми сельскохозяйственными операциями. В рамках настоящего исследования предполагается комплексировать данные, получаемые из геоинформационных систем с данными фотоснимков, полученных с беспилотных летательных аппаратов. Для получения необходимой информации в рамках настоящего исследования предложен подход, основанный на совместном использовании нейросетевых технологий и фотограмметрии. При этом основной проблемой является построение классификаторов состояния сельскохозяйственных посевов для определения требуемых сельхоз операций и корректировки технологических процессов выращивания зерновых культур. Экспериментальная настройка классификаторов должна основываться на анализе цветовых характеристик, как отдельных областей, так и полей в целом по изображениям, полученным в разные интервалы времени и различных условиях съемки. В рамках исследования предложен метод обнаружения областей, требующих дополнительной точечной сельскохозяйственной обработки посевов. Разработанный метод реализован в алгоритме сегментации аэрофотоснимков, получаемых с беспилотных летательных аппаратов, и применяется в системе принятия решений, являющейся частью комплекса для умного сельского хозяйства.

Ключевые слова: цифровая обработка данных, анализ изображений, умное сельское хозяйство.

Введение

В настоящее время автоматическая цифровая обработка изображений, в том числе распознавание и выделение образов является актуальной задачей для различных областей науки и техники. Методы интеллектуального анализа изображений могут применяться как для вопросов обеспечения безопасности на заданном исследуемом участке, в том числе анализ плотности потоков трафика в дорожной сети, так и для поиска очагов возникновения пожаров в лесных массивах [1]. Тем не менее, наиболее востребованной областью применения интеллектуального анализа изображений является сельское хозяйство. В рамках данного направления активно развивается внедрение систем "умного" земледелия (Smart farming). Основной задачей таких систем является переход к высокопродуктивному сельскому хозяйству. Традиционный подход к оценке состояния посевов сельскохозяйственных культур основывается в первую очередь на результатах визуального осмотра, а так же сборе анализе значительного количества разнородных данных. Для получения исходных изображений, как правило, используют данные аэрофотосъемки исследуемой местности. Это обусловлено тем, что для эффективного анализа данных необходимо получать изображения в высоком разрешении. Однако такой подход является экономически не эффективным. В первую очередь это обусловлено тем, что получаемые с его помощью данные могут иметь значительный временной лаг [2]. Во вторых зачастую получаемые данным способом снимки имеют сильную зависимость от погодных условий. В третьих даже при благоприятных условиях съемки полученные снимки местности достаточно сильно зашумлены перекрывающей поверхность земли облачностью. В подавляющем большинстве случаев перекрытие составляет до 30%, что не позволяет получать достоверную картину о состоянии посевов и полей [3]. Перечисленные факторы могут негативно сказываться на целевом планировании и полученных результатах в рамках организации традиционных сельскохозяйственных операций. Поэтому в рамах настоящего исследования планируется использовать экономичный и эффективный метод сбора данных дистанционного зондирования, основанный на использовании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Современные БПЛА обладают достаточной грузоподъемностью и маневренностью для организации съемки с относительно не большего расстояния от земной поверхности. При этом имеющееся навесное оборудование для фото и видеофиксации позволяет получать снимки заданной территории с сопоставимым или большим разрешением. Еще одним неоспоримым преимуществом использования БПЛА в рамках систем Smart farming является возможность получать исходные данные с более высокой частотой. Это существенно сокращает временной лаг и позволяет более эффективно планировать сельскохозяйственные операции.

Для организации сельскохозяйственных операций в рамках Smart farming необходимо решить задачу выделения характерных областей на полученных изображениях. Для решения проблемы сегментации сельскохозяйственных полей планируется использование подхода, основанного на применении нейронных сетей.

Алгоритм кластеризации на основе сверточной нейронной сети для сегментации участков полей для повышения эффективности сельскохозяйственных операций

Для организации процесса планирования обработки исходных данных в рамках настоящего исследования разработан алгоритм идентификации сегментов на цветных изображений и составление план-схемы для корректировки сельскохозяйственных операций.

Одним из успешных методов, используемых при обработке изображений, в том числе растительности, является сверточная нейронная сеть. При этом основной проблемой является построение классификаторов состояния растительности. Экспериментальная настройка классификаторов должна основываться как на анализе цветовых характеристик отдельных растений, так и полей в целом по изображениям, полученным с разных высот при различных условиях съемки.

Задачей алгоритма является получение из исходного RGB изображения сельскохозяйственного поля $Iorig$ такое изображение $Iresult$, где каждый пиксель $Iresult(x,y)$. При построении классификатора будем использовать набор из четырех классов: «растительность», «измененная растительность», «почва без посевов», «шум».

В качестве исходного набора данных для анализа поверхности земли в настоящем исследовании использовались фотоснимки экспериментального участка поля засаженного пшеницей, полученные при съемках с БПЛА. В состав набора данных входят 1200 цветных изображений с разрешением 4096 × 3072 px. Съемка экспериментального участка поля проводилась с мая по сентябрь 2018 года, ежедневно с 8 до 16 часов с интервалом в 1 час. В дополнении к полученным снимкам был сформирован запрос и получен набор данных MODIS для данного участка поверхности земли. В результате развития состояния посевов в заданной области происходили изменения, связанные с традиционными сельскохозяйственными операциями. Выявлено что часть операций приводит к изменению цвета растения. Кроме того при получении исходных данных на исследуемой поверхности могут находиться посторонние объекты создающие естественный шум при анализе изображений. Наличие объектов таких типов на изображении приводит к искажению нормализованной редуцированной гистограммы идеального типового объекта, что используется в качестве основы для классификации.

Предлагаемый подход основан на использовании механизмов сверточной нейронной сети. В рамках данного подхода реализована следующая последовательность действий:

Шаг 1: Все исходные изображения предварительно проходит предобработку, для выравнивания и коррекции цветности, а так же геометрии поля. Это позволяет исключить ложных искажений изображений, что в конечном итоге положительно сказывается на классификации.

Шаг 2: Проводится свертка изображения, для сокращения набора признаков и уменьшения объема информации.

Шаг 3: Осуществляется локализация объекта исследования и проводится контурная сегментация.

Шаг 4: Выделяются характерные точки контура. На основе полученных данных строится идентификационный вектор, который позволит классифицировать объекты при заданных условиях.

В рамках настоящего исследования для сегментации изображений так же апробирован ряд методов: метод выращивания регионов; метод водораздела; метод нормальных разрезов.

Апробация методов сегментирования изображений

В рамках экспериментального исследования предложенной методики разработано специализированное программное обеспечение, реализованное на языке программирования Python с использованием библиотек pillow, sklearn. Исследование проводилось в три этапа. На первом этапе для обучения нейронной сети из исходных наборов данных отобрано и размечено 10% характерных

снимков. На втором этапе проводилось непосредственно сравнение работы различных методов на полном наборе данных. Сравнение изображений проводилось по следующей методике:

1. Все исходные изображения были нормализованы и отсортированы по временному штампу.

2. В рамках каждого шага анализа экспериментальных данных проводилось сопоставление результатов работы каждого из выбранных методов с алгоритмом, основанным на использовании нейронной сети.

3. Одновременно на каждом шаге проводилась оценка изменений, произошедших по сравнению с предыдущим снимком из исходного набора данных. При фиксации существенных изменений фиксировалось время локализации относительно времени получения исходного изображения.

В рамках эксперимента установлены следующие особенности работы выбранных методов на данном наборе данных. Метод выращивания регионов более эффективно позволяет находить контрастные регионы на исходном изображении. Метод нормальных разрезов наиболее эффективен для выделения контуров полей и сторонних шумов возникающих на изображениях. Тем не менее, нейросетевой алгоритм оказался наиболее продуктивным в плане поиска изменений на изображениях во времени.

Для более независимого эксперимента, была подготовлена база изображений с искусственно измененными параметрами полей. Полученные изображения успешно прошли сегментацию с помощью указанных методов и выделили в отдельный класс инородных объекты. Средняя точность классификации составила 89,9%. На основании этого можем сделать следующие выводы:

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что использование сверточных нейронных сетей для решения задачи классификации исходного набора изображений, полученного с БПЛА, по заданному набору признаков позволяет более эффективно определять проблемные участки полей. Как следствие это позволяет ускорить процесс принятия решений по коррекции сельскохозяйственных операций, направленных на устранение негативных процессов, влияющих на урожайность полей, таких как засуха, заражение, атаки насекомых и других вредителей.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2020 гг. ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН (№0761-2019-0004).

Литература

1. Дьяченко И. В., Червяков Н. И. Применение вейвлет-анализа в задачах распознавания и классификации изображений //Инфокоммуникационные технологии. – 2005. – Т. 3. – №. 4. – С. 6-12.

2. Попович В. Ф. Применение открытого программного обеспечения ILWIS для картирования монокультур в интенсивных посевах в Крыму //Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – С. 120.

3. Терехин Э. А. Анализ спектральных свойств сельскохозяйственной растительности Белгородской области по спутниковым данным modis1 //Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: естественные науки. – 2013. – Т. 23. – №. 10 (153).

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НЕДР МАРСА В РАЙОНЕ ОБЛАСТИ ПОСАДКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА МИССИИ INSIGHT

Батов А.В.[1], Гудкова Т.В.[2]

[1]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
[2]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
Россия, г. Москва ,ул.Б. Грузинская д.10
batov@ipu.ru, gudkova@ifz.ru

Аннотация: для тестовой модели Марса, удовлетворяющей всем имеющимся данным наблюдений рассчитано напряженное состояние недр Марса в районе области посадки космического аппарата миссии InSight. Моделирование напряженного состояние основано на статическом методе (методе нагрузочных чисел). Показано, что максимальные значения растягивающих и касательные напряжений достигаются в восточной части рассматриваемой области.

Ключевые слова: Марс, напряжения растяжения, напряжения сдвига, марсотрясение

Введение

26 ноября 2018 года была осуществлена посадка космического аппарата миссии InSight (Interior Exploration using Seismic Investigations Geodesy and Heat Transport) на поверхность Марса ([1]) в районе равнины Элизий. В связи с тем, что на поверхность Марса установлен только один сейсмометр, информация о напряженном состоянии недр Марса может помочь при определении местоположения очагов марсотрясений. Область посадки космического аппарата миссии Insight является важным районом для исследования.

1 Метод

1.1 Статический метод

Мы оцениваем только негидростатические напряжения, которые возникают вследствие отклонения Марса от состояния гидростатического равновесия. Для расчета напряженного состояния планеты использовался статический метод, при котором расчеты проводятся с помощью техники функций Грина (или методе нагрузочных чисел), развитый в работах ([2-5]). При статическом подходе планета моделируется как упругое тело с зависящими от радиуса плотностью, модулем сжатия K и модулем сдвига μ. Считается, что деформации и напряжения, подчиняющиеся закону Гука, обусловлены давлением на поверхность планеты топографических структур и аномалиями плотности, распределенными некоторым образом в коре и мантии. Для расчета напряжений решается система уравнений, в которую входят: уравнение упругого равновесия; уравнение Пуассона, связывающего аномальный гравитационный потенциал с распределением плотности. Метод функций Грина (или метод нагрузочных чисел) позволяет определить граничные условия на основании данных о высотах рельефа и гравитационном поле планеты. Подробное описание этого метода можно найти в работе (Gudkova et al., 2017).

1.2 Расчет напряжений

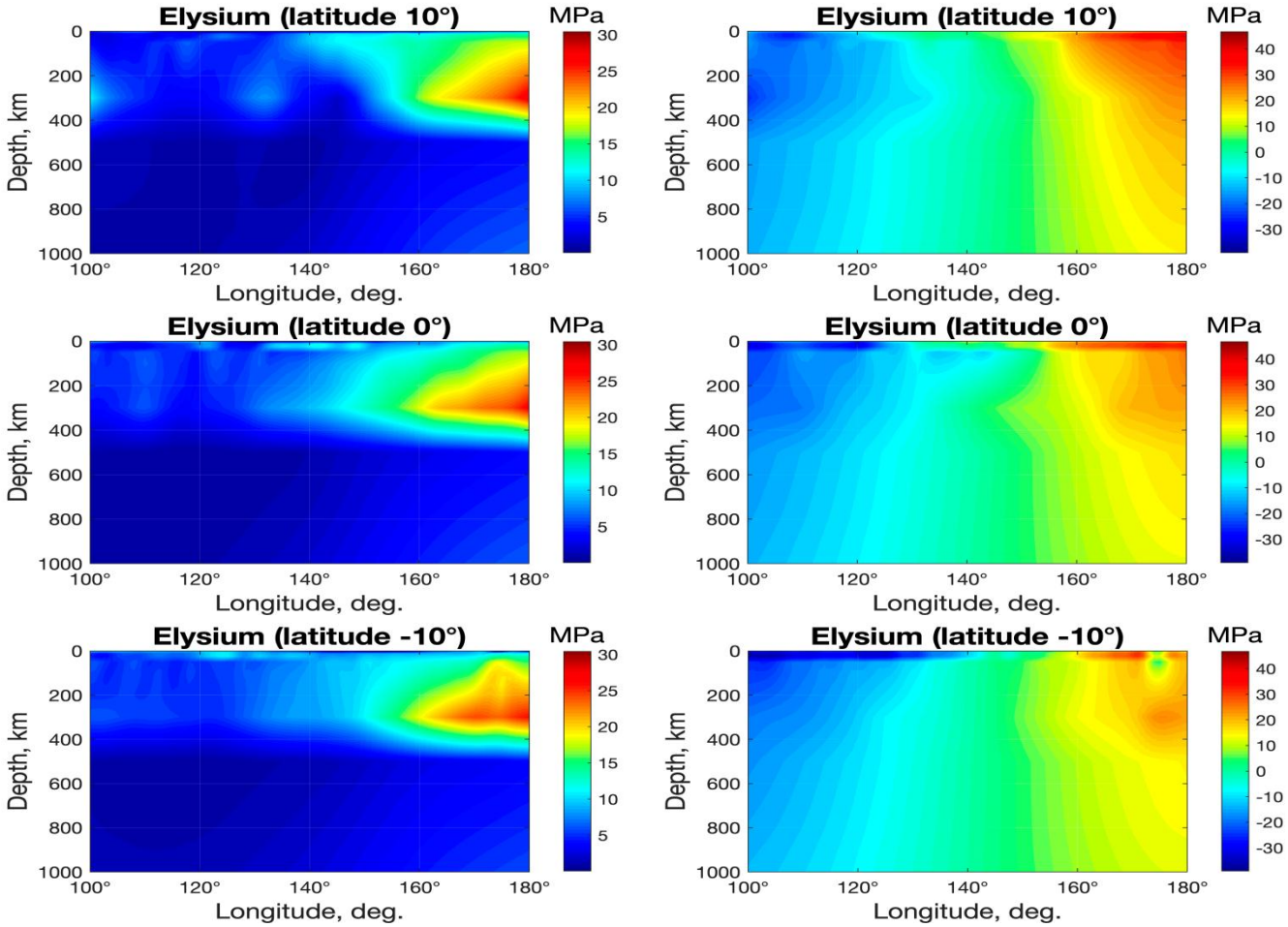


Рис. 1. Распределение напряжений под районом равнины Элизий: слева – напряжения сдвига, справа – напряжения растяжения-сжатия (в МПа), долгота от 100 до 180 градусов, широты 10, 0, -10 градусов, соответственно.

Для модельного распределения плотности и упругих параметров (модуля сжатия K и модуля сдвига μ) в недрах Марса, рассчитываются нагрузочные числа $k_n(r), h_n(r)$ и определяются коэффициенты, которые служат граничными условиями при решении системы уравнений упругого равновесия гравитирующей планеты для каждой гармоники n и m, до заданной степени и порядка. В данной работе используются коэффициенты разложения топографии и гравитационного поля до 90 степени и порядка, так как в работе [6] было показано, что корреляция данных гравитационного поля и топографии заметно ухудшается для более высоких гармоник.

В каждой точке (r, θ, φ) симметричный полный тензор напряжений σ_{ij} путем преобразования координат приводится далее к диагональному виду: получая соответствующие нормальные напряжения $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. Главные напряжения $\sigma_1 \leq \sigma_2 \leq \sigma_3$ определяются как корни кубического уравнения $|\sigma_{ik} - \sigma_k \cdot \delta_{ik}| = 0,\ i = 1,2,3$. По найденным значениям главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ в каждой точке (r, θ, φ) определяются напряжения растяжения-сжатия $p = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$, а также максимальные сдвиговые (или касательные) напряжения $\tau = \max|\sigma_i - \sigma_k|/2, (i, k = 1,2,3; i \neq k)$.

2 Результаты

Выполнены расчеты (с шагом сетки 1°×1° по широте и долготе до глубины 1000 км) напряжений растяжения-сжатия и максимальных напряжений сдвига для тестовой модели внутренней структуры Марса, которая удовлетворяет всем современным геофизическим и геохимическим данным. Распределение плотности, ускорение силы тяжести, модуль сжатия K и модуль сдвига μ взято согласно модели M_50 с толщиной коры 50 км ([7]). Некоторые результаты расчетов напряжений под районом равнины Элизий, которая представляет особый интерес ввиду того, что в рамках миссии InSight в западной ее части установлен сейсмометр, представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка, области максимальных растягивающих напряжений наряду с высокими сдвиговыми напряжениями расположены к востоку от места посадки космического аппарата и установки сейсмометра.

Литература

1. *Banerdt, W.B., Smrekar, S., Hoffman, T., Spath, S., Lognonne, P., Spohn, T., et al*. 2017. The InSight mission for 2018. 48th Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, Texas.
2. *Марченков К.И., Любимов В.М., Жарков В.Н.* Расчет нагрузочных коэффициентов для заглубленных аномалий плотности // Докл. АН СССР. 1984. Т.15. № 2. С.583-586.
3. *Жарков В.Н., Марченков К.И., Любимов В.М.* О длинноволновых касательных напряжениях в литосфере и мантии Венеры // Астрон. вестн. 1986. Т.20. №3. С.202-211.
4. *Жарков В.Н., Марченков К.И.* О корреляции касательных напряжениях в литосфере Венеры с поверхностными структурами *// Астрон. вестн. 1987. Т. 21. № 2. С.170-175.*
5. *Марченков К.И., Жарков В.Н.* О рельефе границы кора-мантия и напряжениях растяжения – сжатия в коре Венеры // Письма в астрон. журн. 1989. Т.15. № 2. С.182-190.
6. *Батов А.В., Гудкова Т.В., Жарков В.Н.* Оценки напряженного состояния недр Марса под локальными топографическими структурами. Геофизические исследования. 2018. Т. 3. С. 5-22.
8. *Гудкова Т.В., Батов А.В., Жарков В.Н.* Модельные оценки негидростатических напряжений в коре и мантии Марса: 1. Двухуровневая модель *// Астрон. вестн. 2017. Т. 51. № 6. С. 490-511.*

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМОЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Бром А.Е., Гантимуров А.П., Буслов А.П.

Аннотация: В статье показан один из вариантов оптимизации информационных потоков в бизнес-процессах с применением РСХД, поддерживающую технологии QoS, а также возможность использования математической модели РСХД и модуля мониторинга и адаптации бизнес-процессов, поставляющих исходные данные для выработки управляющих команд для оптимизации информационных потоков.

Введение

В настоящее время наблюдается объективная тенденция интенсивного роста объема генерируемых данных, требующих долгосрочного хранения. Это обусловлено переходом к информационному обществу и сопряженным с ним всеобщим проникновением вычислительных систем во все сферы жизни и деятельности человека.

Одними из наиболее перспективных являются распределенные системы хранения данных (далее – РСХД), в которых скорость обработки данных и надежность их хранения достигаются за счет

сбалансированной нагрузки на доступный массив дисковых носителей, обеспечения доступа к данным по высокоскоростным каналам связи и использовании специализированных алгоритмов восстановления данных (RUSH/CRUSH, SCADDAR и пр.).

Производительность процессов может измеряться как в Мегабайт/секунду, так и в единицах iops (в последнем случае необходимо зафиксировать размер блока данных в процессах информационного обмена). Для определенности, в последующем изложении единицей измерения производительности информационного обмена данных будем считать iops.

Эффективность информационного потока бизнес-процесса с использованием РСХД можно выразить следующей формулой:

$$H = \frac{P - P_{lost}}{P_{max}} * 100\%. \quad (1)$$

где: H – коэффициент эффективности информационного обмена бизнес-процесса с использованием РСХД;

P_{max} – максимальная теоретически возможная производительность РСХД, iops

P – текущая измеренная величина производительности РСХД, iops

P_{lost} – потери производительности, связанные с формированием очереди ожидания обработки информационного потока при перераспределении внутренних ресурсов РСХД.

Как можно видеть из формулы (1), эффективность информационного обмена бизнес-процесса не может превышать некоторого максимального значения, определяемого через максимальную теоретически возможную производительность РСХД. В свою очередь, максимальная теоретически возможная производительность РСХД определяется через суммарную производительность входящих в РСХД подсистем и пропускную способность каналов связи.

Формула (1) констатирует тот факт, что при наличии интенсивного информационного обмена, превышающего возможности производительности РСХД, неизбежно должна снижаться эффективность информационного обмена бизнес-процесса, связанная с формированием очередей ожидания информационных потоков.

Поскольку для целого ряда процессов повышение времени обработки, связанного с падением эффективности информационного обмена бизнес-процесса, допустимо только в незначительных пределах и является условиях превышения допустимых показателей нагрузки на систему и, связанной с ней, неизбежным падением коэффициента эффективности информационного обмена в целом.

При моделировании предполагалось наличие трех групп приоритетности с коэффициентами 0.6, 0.25 и 0.15. Критичной считалась только первая группа приоритетности. На Рис.2 можно видеть, каким образом происходит выделение ресурсов РСХД, согласно технологии QoS, на начальном этапе и перераспределение ресурсов между групп приоритетности по мере высвобождение мощностей.

Для отслеживания возникновения предпосылок подобных ситуаций предлагается внедрение в общую структуру информационного обмена аппарата расчета прогнозных показателей РСХД с QoS на базе ее математической модели.

В задачи аппарата расчета прогнозных показателей РСХД с QoS на базе ее математической модели входит определение теоретических значений производительности РСХД и средних времен ожидания обработки блоков данных для реально сложившейся конфигурации РСХД с QoS при текущих показателях нагрузки. Помимо этого, по математической модели РСХД с QoS производится расчет диапазона допустимых значений показателей нагрузки при которых выдерживаются заданные показатели производительности РСХД с QoS. Расчеты, полученные на базе математической модели РСХД с QoS, также могут быть использованы как в алгоритмах тонкого регулирования потоков данных внутри РСХД, так и в составе систем автодиагностики РСХД.

Для получения реальных и прогнозных данных по эффективности информационного обмена бизнес-процесса в целом, рекомендуется внедрение в общую структуру процесса модуля мониторинга и адаптации системы приоритетов, в задачи которого, помимо расчета текущего показателя эффективности информационного обмена, также входит сбор статистической информации по функционированию РСХД с QoS за некоторый период времени и составление карт активности процессов, составляющих информационный обмен. Полученная модулем информация может быть использована для редактирования параметров системы QoS с целью повышения общей эффективности информационного обмена бизнес-процесса в установившихся условиях эксплуатации.

Далее, поскольку в реальных системах потери производительности практически неизбежны, следовательно, величина реальной производительности РСХД будет отличаться от максимальной теоретической производительности. В задачи аппарата расчета прогнозных параметров РСХД с QoS

на базе ее математической модели входит расчет требуемых параметров с учетом реально сложившейся ситуации для расчета показателей к проведению корректировки и тонкой настройки распределения ресурсов.

Итак, можно видеть, что внедрение технологии QoS позволяет полноценно, без серьезных ограничений, использовать все доступные ресурсы производительности РСХД, без негативных последствий для особо критичных процессов. Внедрение модуля расчета прогнозных показателей РСХД с QoS на базе ее математической модели и модуля мониторинга и адаптации системы приоритетов позволяет корректировать и уточнять механизмы управления информационным потоком как РСХД, так и бизнес-процесса в целом.

Литература

1 .Рост объема информации–реалии цифровой вселенной//Технологии и средства связи. № 1 (94).2013. С. 24–25.

2. IDC digital universe 2014 Russia [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://russia.emc.com/ collateral/analyst-reports/idc-digital-universe-2014- russia.pdf.

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ РАННЕГО РЕАГИРОВАНИЯ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ

Демин С.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65,
Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики,
Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д.20
sdemin@hse.ru

Аннотация: В данной работе предлагается двухэтапная модель для поиска оптимального расположения сенсоров на поверхности моря для оперативного реагирования на возникающую угрозу катастрофы. Для этих целей комбинируются методы сетевого анализа и линейного программирования.

Ключевые слова: система раннего реагирования, разливы нефти, сетевой анализ, оптимизация.

Введение

В последнее время в связи с глобальным потеплением активно развивается добыча нефти и газа в Арктическом регионе. Как следствие, увеличивается количество кораблей, в том числе нефтяных танкеров, которое перемещается в Северном Ледовитом океане. Помимо этого, прокладываются трубопроводы для транспортировки нефти от добывающих вышек к потребителям (согласно [1], количество аварий на промысловых трубопроводах составляет 50-60 тыс. случаев в год). Всё это увеличивает вероятность возникновения разливов нефти.

В данной ситуации критически важным фактором становится скорость реагирования на возникшую катастрофу. Ведь при разливе, особенно при сильных морских течениях и ветрах, нефтяное пятно распространяется очень быстро, причём как на поверхности моря, так и вглубь. Кроме того, при задержках в устранении разлива может серьёзно пострадать окружающая среда.

В связи с этим, одной из первостепенных задач является оптимальное расположение сенсоров, которые будут передавать сигнал о наличии нефти на поверхности моря в единый центр управления. В идеальной ситуации, безусловно, надо поставить датчики на каждом квадратном метре. Однако, всё это требует денежных затрат, а бюджет на превентивные меры против чрезвычайных ситуаций ограничен. Поэтому возникает ситуация, при которой надо максимизировать площадь, покрываемую сенсорами, при этом минимизируя экономические издержки на установку и поддержку работы датчиков.

1 Модель

1.1 Структура модели

Как уже упоминалось, основная задача состоит в максимальном покрытии исследуемого объекта (в нашем случае поверхности моря) при минимальных затратах на установку и обеспечение работы сенсоров. В данной работе предлагается модифицировать данную задачу, используя тот факт, что некоторые факторы, такие как морские течения и ветра, позволяют достаточно точно узнавать

значение тех или иных параметров при небольшом смещении в координатах в том же направлении, что и вышеупомянутые факторы.

В результате, можно утверждать, что существуют некоторые участки моря, значения параметров в которых позволят с большой точностью вычислить значение этих же параметров в других участках, даже находящихся за пределами действия сенсора. Будем называть такие участки критическими точками.

Учитывая это, основная задача оптимизации модифицируется – теперь надо максимизировать не покрытую сенсорами площадь, а количество закрытых критических точек. После этого, как и во многих других работах по оптимизации расположения сенсоров [2,3], строится задача линейного программирования. Однако, поскольку на предварительном этапе обработки уже выделены критические точки, покрытие которых значительно важнее, в предложенной модели решение задачи линейного программирования становится задачей целочисленного программирования, поскольку необходимо лишь выбрать среди всего множества критических точек некоторое подмножество, которое покроет максимальную площадь, при этом не нарушив никаких ограничений (в первую очередь, экономических).

1.2 Поиск критических точек

Для реализации первого этапа предложенной модели весь исследуемый участок моря разбивается на элементарные территории небольшой площади. Из этих элементарных территорий путём соединения граничащих друг с другом участков формируется сеть.

Затем на основе данной сети строится целая группа однородных сетей, в каждой из которых веса на рёбрах выставляются на основе одного из заранее выбранных факторов, которые активно влияют на перемещение между элементарными территориями. Так, например, строится отдельная сеть перемещения за счёт морских течений. Для этого, используя усреднённую по времени карту морских течений, для каждой пары элементарных территорий i и j вес ребра, идущего из i в j, устанавливается равным проекции вектора средней скорости течения на данное направление. Затем аналогичным образом строится сеть и для всех остальных выделенных факторов.

После этого, для анализа всех построенных сетей используются основные методы сетевого анализа, позволяющие оценить влияние отдельных вершин в сети. В первую очередь, речь идёт о таких классических индексах центральности, как eigenvector [4] и PageRank [5].

Eigenvector центральность назначает относительные оценки важности всем узлам в сети. В основе этого подхода лежит идея, согласно которой соединения с узлами с высокой оценкой важности вносят больший вклад в оценку рассматриваемого узла, чем аналогичные соединения с узлами с низкой оценкой важности.

Для практического подсчёта данного индекса центральности составляется матрица смежности сети A. Затем, решив линейную систему $Av=v$, значение eigenvector центральности для i-ой вершины в сети будет равно i-ой координате вектора v.

В свою очередь для вычисления индекса центральности PageRank производится симуляция случайного марковского процесса – блуждания по сети, при котором вероятность перехода из состояния i в состояние j равна весу ребра, исходящего из i в j, нормированная на сумму весов всех исходящих из вершины i рёбер. Кроме того, в этом блуждании заложена некоторая вероятность окончания блуждания с последующим повторным запуском из случайной вершины сети. В результате данного моделирования вычисляется среднее время нахождения в каждой вершине, которое и даёт значение индекса центральности PageRank.

Когда все индексы на всех сетях посчитаны, остаётся выделить критические точки. Для начала надо выделить наиболее важные вершины сети. В данной работе решено использовать фиксированное количество лучших вершин с точки зрения каждого индекса для каждой сети (лучшие 10 вершин), хотя также можно было бы использовать все вершины, индекс центральности которых превышает заданный заранее порог (например, все вершины со значением индекса центральности выше 0.5).

После выделения нескольких наборов вершин, признанных важными с точки зрения одного из индексов центральности на одной из рассматриваемых сетей, остаётся лишь агрегировать эти наборы. Для этого также есть много разных подходов, однако было выбрано самое простое решение – просто объединить все эти множества. Таким образом становятся все вершины, попавшие хотя бы один раз в список 10 лучших согласно какому-нибудь индексу центральности на какой-нибудь из рассматриваемых сетей.

1.3 Оптимизация покрытия критических точек

На этапе оптимизации покрытия критических точек, как уже упоминалось при описании общей структуры модели, решается задача выбора некоторого подмножества всех критических вершин, которое удовлетворяет всем наложенным на модель ограничениям (в данной работе рассматривается только бюджетное ограничение, однако в дальнейшем модель можно усложнять, добавляя другие ограничения). В результате решается следующая задача:

$$(1) \qquad \begin{cases} \sum_{i=1}^{N} x_i \rightarrow max \\ \sum_{i=1}^{N} x_i \, c_i \leq S \end{cases}$$

где N – общее количество критических точек, xi – бинарная переменная, показывающая надо ли ставить в i-й критической точке сенсор, ci – суммарная стоимость обслуживания сенсора в i-й критической точке (установка и поддержание стабильной бесперебойной работы), а S – бюджет, выделенный на решение данной задачи.

Заключение

В результате была получена универсальная модель, которая может применяться к территории любого масштаба (участку моря, целому морю, всему Северному Ледовитому океану). Данная модель анализирует рисунок морских течений, ветров и прочих факторов, влияющих на распространение веществ на поверхности моря. Как следствие, упрощается задача по оптимальному расположению сенсоров благодаря меньшему перебору возможных локаций для них.

При этом данная модель является достаточно простой в применении и при необходимости может подстраиваться и усложняться за счёт добавления дополнительных ограничений на этапе оптимизационной задачи или же при изменении правил выбора критических точек.

Литература

1. *Куликова И.С*. Особенности локализации разливов нефти из подводных переходов трубопроводов в условиях открытой воды // Территория нефтегаз. 2012, №5. – С.48-53.
2. *Salari M., Kattan L., Lam W.H.K., Lo H.P., Esfeh M.A.* Optimization of traffic sensor location for complete link flow observability in traffic network considering sensor failure // Transportation Research Part B. Vol. 121. 2019. – P. 216–251.
3. *Gentile C.* Distributed Sensor Location through Linear Programming with Triangle Inequality Constraints // IEEE Transactions on Wireless Communications. Vol. 6(7). 2007. – P. 4020-4027.
4. *Leontief W.W.* The Structure of American Economy // Harvard University Press. 1941. – P. 1919-1929.
5. *Page L., Brin S., Motwani R., Winograd T*. The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. 1998.

МАНИПУЛИРУЕМОСТЬ СХЕМ АГРЕГИРОВАНИЯ В МОДЕЛИ ДАУНСА

Карабекян Д.С[1]., Иванов А.А.[2], Якуба В.И.[3]

[1]Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д.20

dkarabekyan@hse.ru,

[2]Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д.20

[2]Сколковский институт науки и технологий, Россия, г. Москва, Сколково, ул. Нобеля, 3

aaivanov@hse.ru,

[3]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д.20

yakuba@ipu.ru

Аннотация: Исследуется степень манипулируемости мажоритарных схем агрегирования в условиях, когда позиции альтернатив и идеальные позиции агентов расположены в евклидовом пространстве. Произведен расчет степени манипулируемости для 3, 4 и 5 альтернатив для четного числа агентов.

Ключевые слова: манипулируемость, правила выбора, индекс Ницана-Келли.

Введение

Проводится оценка степени манипулируемости известных схем агрегирования коллективного выбора, основанных на мажоритарном отношении. Как известно, в общем случае любое недиктаторское правило выбора манипулируемо со стороны агента, т.е. агент, предъявляя искаженную информацию о своих предпочтениях, может добиться более выгодного для себя исхода голосования. Однако, различные правила выбора характеризуются разной степенью манипулируемости. Кроме того, степень манипулируемости может зависеть от ограничений на возможность формирования профилей голосования, в частности, если профили голосования формируются в рамках модели Даунса [1].

1 Модель манипулирования правил коллективного выбора

В соответствии с моделью Даунса, рассматриваются профили голосования, в которых позиции альтернатив и идеальные точки агентов расположены в евклидовом пространстве.

Альтернативы и агенты позиционированы на отрезке в одномерном случае, или на квадрате в двумерном. Рассматриваются только те случаи, в которых позиции всех агентов и альтернатив различны, и различны также расстояния от альтернатив до агентов.

Профиль голосования строится следующим образом. Для каждого агента альтернативы упорядочиваются по близости их позиций до идеальной точки агента. Рассматриваются только строгие упорядочения альтернатив, ситуации, в которых две или более альтернатив безразличны для какого-либо агента, не рассматриваются. Получившееся таким образом упорядочение является линейным порядком.

Для расчета индекса манипулируемости Ницана-Келли случайным образом генерируются позиции альтернатив и агентов. Построенные по ним профили голосования, допустимые в рассматриваемой модели, проверяются на манипулируемость. Рассматривается манипулирование со стороны агента. Манипулирование производится следующим образом. Для фиксированного расположения позиций альтернатив, идеальная точка позиции каждого агента сдвигается в пространстве, формируются все достижимые таким образом возможные для агента упорядочения альтернатив, которые подставляются в исходный профиль вместо искренних предпочтений агента. Заметим, что введенные таким образом допустимые упорядочения альтернатив, для, например, одномерной модели, для 3 альтернатив составляют набор из 4 упорядочений. Для 4 альтернатив допустимые упорядочения составляют 2 набора из 7 упорядочений, и для 5 альтернатив существует 12 наборов по 11 допустимых упорядочений в каждом. Здесь набор упорядочений понимается в следующем смысле. Сначала фиксируются позиции альтернатив. Для заданного набора позиций альтернатив рассматриваются все возможные позиции агентов, и формируются все возможные упорядочения альтернатив. Фиксированный набор позиций альтернатив таким образом задает допустимый набор упорядочений. Все возможные позиционирования агентов могут сформировать упорядочения только из этого набора.

Рассматривается индивидуальная и коалиционная манипулируемость. В случае индивидуальной манипулируемости, каждый из агентов манипулирует независимо, при этом, остальные агенты не манипулируют, предъявляют искренние предпочтения. В случае коалиционного манипулирования, манипулирование происходит следующим образом. Манипулируют коалиции, состоящие из агентов с одинаковыми искренними предпочтениями, при этом, в качестве неискренних предпочтений, манипулирующая коалиция предъявляет также одинаковые предпочтения. Заметим, что в одном профиле может быть несколько манипулирующих коалиций. При этом профиль считается манипулилируемым, если хотя бы одна из коалиций манипулирует успешно.

Оценка манипулируемости производится в условиях множественного выбора, т.е. результатом применения правила выбора может быть не обязательно одна альтернатива, возможно и множество альтернатив. Для сравнения множеств альтернатив применяются расширенные предпочтения, такие, как, например, Лексимин, Лексимакс, Рискофоб, Рискофил введенные в [2].

В качестве индекса манипулируемости используется индекс Ницана-Келли [3,4], представляющий собой долю манипулируемых профилей среди всех рассмотренных профилей.

2 Результаты расчета степени манипулируемости

Производится расчет степени манипулируемости для следующих процедур коллективного выбора. Минимальное доминирующее множество (Minimal dominant set) (MDS), Минимальное недоминируемое множество (Minimal undominated set) (MUS), Минимальное слабоустойчивое множество (Minimal weakly stable set) (MWSS), Правило Фишберна (Fishburn's rule) (F), Непокрытое множество I,II (Uncovered set I,II) (UC1,UC2), Правило Ричелсона (Richelson' rule), (R), Правило

Копланда I,II,III (Copeland's rule I,II,III) (C1,C2,C3), k-устойчивое множество (k-stable set, k=1, 2, 3), kSS. Используемые правила выбора описаны, например, в [5]. Расчет произведен для 3, 4 и 5 альтернатив.

Для нечетного числа агентов, в случае позиционирования агентов и альтернатив на прямой, получающиеся однопиковые предпочтения формируют неманипулируемые профили. Манипулируемость в одномерном случае рассчитывается для четного числа агентов.

Три группы правил содержат правила в одинаковой степенью манипулируемости. Первая группа состоит из правила MDS, группа 2 содержит US1,R,C1,C2, группа 3 содержит правила MUS,MWS,F,US2,C3,kSS.

Правила группы 3 для 3-х альтернатив являются низкоманипулируемыми для расширений Лексимин и Рискофил, для 4 и 5 альтернатив правила группы 3 являются низкоманипулируемыми для расширений Лексимин и Best's probability. Вообще, правила группы 3 в целом менее манипулируемы, чем остальные группы, в ряде случаев эта группа имеет нулевую манипулируемость. В свою очередь, правила из группы 2 в большинстве случаев менее манипулируемы, чем правило MDS.

Также в рамках рассмотренной модели была посчитана степень коалиционной манипулируемости мажоритарных правил коллективного выбора. В случае коалиционной манипулируемости присутствуют также три группы правил с одинаковой степенью манипулируемости. Как и в случае с индивидуальной манипулируемостью, группа правил 3 (MUS,MWS,F,US2,C3,kSS) показывает в большинстве случаев степень манипулируемости меньше, чем остальные правила. Однако, для правила MDS и группы правил 2 ситуация противоположна, в случае коалиционного манипулирования, манипулируемость правила Минимальное доминирующее множество (MDS), в большинстве случаев меньше, чем манипулируемость правил группы 2 (US1,R,C1,C2).

Литература

1. *Downs A.* An Economic Theory of Democracy. New York: Harper 1957.
2. *Алескеров Ф.Т., Карабекян Д.С., Санвер Р.М., Якуба В.И.* Оценка степени манипулируемости известных схем агрегирования в условиях множественного выбора // Журнал Новой Экономической Ассоциации. 2009. №1-2. с.37-61.
3. *Kelly J.* Almost all social choice rules are highly manipulable, but few aren't. Social Choice and Welfare, 1993, vol.10, pp.161–175.
4. *Nitzan S.* The vulnerability of point-voting schemes to preference variation and strategic manipulation. Public Choice, 1985, vol.47, pp.349-370.
5. *Aleskerov F., Kurbanov E. A* Degree of Manipulability of Known Social Choice Procedures // Current Trends in Economics: Theory and Applications / ed. by A. Alkan, Ch. Aliprantis, N. Yannelis. Springer 1999. Berlin; Heidelberg; N. Y.: 13–27.

ПРОЕКТОРНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ АСИМПТОТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ОДНОГО КЛАССА СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ В КРИТИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ[95]

Курина Г.А.

Воронежский государственный университет,
Россия, г.Воронеж, Университетская пл., д.1,
Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), Россия, г. Москва, ул.Вавилова, д.44/2
kurina@math.vsu.ru,

Хоай Н.Т.

Ханойский научный университет, Вьетнам, г. Ханой, 334 Нгуен Трай, Тхань Суан,
nguyenthihoai@hus.edu.vn

Аннотация: Предлагаемый проекторный подход позволяет понятнее изложить метод пограничных функций построения асимптотики решения для одного класса сингулярно возмущенных задач в критическом случае из статьи В.Ф. Бутузова и Н.Н. Нефедова (Дифференц. уравнения, 1976) и представить явные формулы для отыскания приближения произвольного порядка.

[95] *Работа первого автора была поддержана Российским научным фондом (проект № 17-11-01220)*

Ключевые слова: сингулярные возмущения, критический случай, асимптотические разложения, проекторный подход.

Введение

Рассматривается задача из [1] вида

(1) $\varepsilon^2 dx/dt = A(t)x + \varepsilon f(x,t,\varepsilon), \qquad t \in [0,T],$

(2) $x(0,\varepsilon) = x^0,$

где $x = x(t,\varepsilon) \in X = R^m$, матрица $A(t)$ и вектор-функция $f(x,t,\varepsilon)$ соответствующей размерности достаточно гладкие по своим аргументам и матрица $A(t)$ вырождена. Обозначим через $\lambda_1(t), \lambda_2(t), ..., \lambda_m(t)$ собственные значения матрицы $A(t)$. Предположим, что выполняются следующие условия

I. $\lambda_j(t) = 0$ для $j = 1,2,...,k$ ($k < m$),

II. Матрица $A(t)$ имеет k собственных векторов $v_j(t)$, соответствующих нулевым собственным значениям $\lambda_j(t) = 0$, $j = 1,2,...,k$, которые линейно независимы.

В настоящей работе используемые собственные векторы имеют ту же гладкость, что и матрица $A(t)$, обозначение оператора со штрихом означает сопряженный оператор, а I – тождественный оператор. Для коэффициента $w_j(t)$ в разложении функции $w(t,\varepsilon)$ в ряд по целым неотрицательным степеням ε: $w(t,\varepsilon) = \sum_{j\ge 0} w_j(t)\varepsilon^j$ будем использовать обозначение $[w(t,\varepsilon)]_j$.

1 Декомпозиция задачи

Следуя [1], асимптотическое решение задачи (1), (2) ищется в виде

(3) $x(t,\varepsilon) = \bar{x}(t,\varepsilon) + \Pi_1 x(\tau_1,\varepsilon) + \Pi_2 x(\tau_2,\varepsilon),$

где $\bar{x}(t,\varepsilon) = \sum_{j\ge 0}\varepsilon^j \bar{x}_j(t)$, $\Pi_i x(\tau_i,\varepsilon) = \sum_{j\ge 0}\varepsilon^j \Pi_{ij} x(\tau_i)$, $\tau_i = t/\varepsilon^i$, $i = 1,2$, $\Pi_{ij} x(\tau_i) \to 0$ при $\tau_i \to +\infty$.Значение функции $f(\bar{x}(t,\varepsilon) + \Pi_1 x(\tau_1,\varepsilon) + \Pi_2 x(\tau_2,\varepsilon), t, \varepsilon)$ представляется в виде разложения по степеням ε: $\bar{f} + \Pi_1 f + \Pi_2 f$, где $\bar{f} = f(\bar{x}(t,\varepsilon), t, \varepsilon) = \sum_{j\ge 0}\varepsilon^j \bar{f}_j(t)$,

$$\Pi_1 f = f(\bar{x}(\varepsilon\tau_1, \varepsilon) + \Pi_1 x(\tau_1,\varepsilon), \varepsilon\tau_1, \varepsilon) - f(\bar{x}(\varepsilon\tau_1, \varepsilon), \varepsilon\tau_1, \varepsilon) = \sum_{j\ge 0}\varepsilon^j \Pi_{1j} f(\tau_1),$$

$$\Pi_2 f = f(\bar{x}(\varepsilon^2\tau_2, \varepsilon) + \Pi_1 x(\varepsilon\tau_2,\varepsilon) + \Pi_2 x(\tau_2,\varepsilon), \varepsilon^2\tau_2, \varepsilon) - f(\bar{x}(\varepsilon^2\tau_2, \varepsilon) + \Pi_1 x(\varepsilon\tau_2,\varepsilon), \varepsilon^2\tau_2, \varepsilon)$$
$$= \sum_{j\ge 0}\varepsilon^j \Pi_{2j} f(\tau_2).$$

Стандартным образом после подстановки разложения (3) в (1) и приравнивания коэффициентов при одинаковых степенях ε, отдельно зависящих от t и τ_i, $i = 1,2$, получаем уравнения

(4) $d\bar{x}_{j-2}(t)/dt = A(t)\bar{x}_j(t) + \bar{f}_{j-1}(t),$

(5) $d\Pi_{1(j-1)} x(\tau_1)/d\tau_1 = A(0)\Pi_{1j} x(\tau_1) + [(A(\varepsilon\tau_1) - A(0))\Pi_1 x(\tau_1,\varepsilon)]_j + \Pi_{1(j-1)} f(\tau_1),$

(6) $d\Pi_{2j} x(\tau_2)/d\tau_2 = A(0)\Pi_{2j} x(\tau_2) + [(A(\varepsilon^2\tau_2) - A(0))\Pi_2 x(\tau_2,\varepsilon)]_j + \Pi_{2(j-1)} f(\tau_2), \ j \ge 0.$

(Члены ряда (3) с отрицательными индексами считаются нулевыми.)

После подстановки разложения (3) в (2) и приравнивания коэффициентов при одинаковых степенях ε получаем равенства

(7) $\bar{x}_0(0) + \Pi_{10} x(0) + \Pi_{20} x(0) = x^0, \qquad \bar{x}_j(0) + \Pi_{1j} x(0) + \Pi_{2j} x(0) = 0, \ j \ge 1.$

Далее будем использовать разложения пространства X в ортогональные суммы $X = \ker A(t) \oplus \mathrm{im} A(t)' = \ker A(t)' \oplus \mathrm{im} A(t).$

Введем обозначения $V(t) = (v_1(t), ..., v_k(t))$ и $S(t) = (s_1(t), ..., s_k(t))$, где $s_1(t), ..., s_k(t)$ -собственные векторы матрицы $A(t)'$, соответствующие собственным значениям $\lambda_j(t) = 0, j = 1,...,k$, причем

$V(t)'S(t) = I$. Операторы $P(t) = V(t)(V(t)'V(t))^{-1}V(t)'$ и $Q(t) = S(t)(S(t)'S(t))^{-1}S(t)'$ являются ортогональными проекторами пространства X соответственно на подпространства $\ker A(t)$ и $\ker A(t)'$.

Обратный к оператору $(I - Q(t))A(t)(I - P(t)) : \mathrm{im}A(t)' \to \mathrm{im}A(t)$ будем обозначать $A(t)^+$.

Посредством дифференцирования из равенства $A(t)P(t) = 0$ получаем

(8) $\quad Q(t)(dA(t)/dt)P(t) = 0$.

Предположим, что в дополнение к условиям I, II выполняются следующие условия:

III. Для каждого $t \in [0,T]$ оператор $(I - P(t))A(t)(I - P(t)) : \mathrm{im}A(t)' \to \mathrm{im}A(t)'$ устойчивый.

IV. Уравнение $Q(t)f(P(t)x(t),t,0) = 0$ имеет единственное изолированное достаточно гладкое решение $P(t)x(t)$.

V. Для каждого $t \in [0,T]$ оператор $(Q(t)P(t))^{-1}Q(t)f_x(\bar{x}_0(t),t,0)P(t) : \ker A(t) \to \ker A(t)$ устойчивый.

2 Приближение нулевого порядка

Из (4), (5) при $j = 0$ получаем уравнения для $\bar{x}_0(t), \Pi_{10}x(\tau_1)$: $A(t)\bar{x}_0(t) = 0$, $A(0)\Pi_{10}x(\tau_1) = 0$. Отсюда следуют равенства: $(I - P(t))\bar{x}_0(t) = 0$, $(I - P(0))\Pi_{10}x(\tau_1) = 0$. Из (6) при $j = 0$ имеем уравнение для $\Pi_{20}x(\tau_2)$: $d\Pi_{20}x(\tau_2)/d\tau_2 = A(0)\Pi_{20}x(\tau_2)$. Это уравнение эквивалентно системе

(9) $\quad d((I - P(0))\Pi_{20}x(\tau_2))/d\tau_2 = (I - P(0))A(0)(I - P(0))\Pi_{20}x(\tau_2)$,

(10) $\quad d(P(0)\Pi_{20}x(\tau_2))/d\tau_2 = P(0)A(0)(I - P(0))\Pi_{20}x(\tau_2)$.

Из первого равенства в (7) при $j = 0$ получаем $(I - P(0))\Pi_{20}x(0) = (I - P(0))x^0$. В силу условия III уравнение (9) с этим начальным условием имеет единственное решение – пограничную функцию экспоненциального типа. Решением уравнения (10) является единственная пограничная функция экспоненциального типа $P(0)\Pi_{20}x(\tau_2) = -\int_{\tau_2}^{+\infty} P(0)A(0)(I - P(0))\Pi_{20}x(s)ds$.

Из (4) при $j = 1$ имеем равенство $0 = A(t)\bar{x}_1(t) + \bar{f}_0(t)$. Ввиду условия IV уравнение $Q(t)f(P(t)\bar{x}_0(t),t,0) = 0$ имеет единственное изолированное решение $P(t)\bar{x}_0(t)$.

Далее из (7) при $j = 0$ находим

(11) $\quad P(0)\Pi_{10}x(0) = P(0)(x^0 - \bar{x}_0(0) - \Pi_{20}x(0))$.

Из (5) при $j = 1$ в силу (8) получаем уравнение

(12) $\quad d(P(0)\Pi_{10}x(\tau_1))/d\tau_1 = (Q(0)P(0))^{-1}Q(0)f(P(0)\bar{x}_0(0) + P(0)\Pi_{10}x(\tau_1),0,0)$.

Предположим, что выполняется условие

VI. Найденное начальное условие (11) для $P(0)\Pi_{10}x(0)$ принадлежит области влияния точки покоя $P(0)\Pi_{10}x(\tau_1) = 0$.

Ввиду этого условия единственным решением начальной задачи (12), (11) является пограничная функция экспоненциального типа. Значит, функция $\Pi_{10}x(\tau_1)$ найдена.

Следовательно, асимптотика нулевого порядка решения задачи (1), (2) построена.

3 Приближения высших порядков

Предположим, что члены разложения (3): $\bar{x}_j(t), \Pi_{ij}x(\tau_i), i = 1,2,\ j = 0,1,\ldots,n-1, n \geq 1$, уже найдены.

Из уравнения (4) при $j = n$ следует, что: $(I - P(t))\bar{x}_n(t) = A(t)^+(I - Q(t))(d\bar{x}_{n-2}(t)/dt - \bar{f}_{n-1}(t))$.

Из уравнения (5) при $j = n$ получаем

$$(I - P(0))\Pi_{1n}x(\tau_1) = A(0)^+(I - Q(0))(d\Pi_{1(n-1)}x(\tau_1)/d\tau_1 - [(A(\varepsilon\tau_1) - A(0))\Pi_1 x(\tau_1,\varepsilon)]_n - \Pi_{1(n-1)}f(\tau_1))$$

Затем из (7) при $j = n$ находим начальное значение

(13) $\quad (I - P(0))\Pi_{2n}x(0) = -(I - P(0))(\bar{x}_n(0) + \Pi_{1n}x(0))$.

Уравнение (6) при $j = n$ эквивалентно системе

$$d((I-P(0))\Pi_{2n}x(\tau_2))/d\tau_2 = (I-P(0))A(0)(I-P(0))\Pi_{2n}x(\tau_2) + (I-P(0))[(A(\varepsilon^2\tau_2)-A(0))\Pi_2 x(\tau_2,\varepsilon)]_n + (I-P(0))\Pi_{2(n-1)}f(\tau_2), \quad (14)$$

$$d(P(0)\Pi_{2n}x(\tau_2))/d\tau_2 = P(0)(A(0)\Pi_{2n}x(\tau_2)+[(A(\varepsilon^2\tau_2)-A(0))\Pi_2 x(\tau_2,\varepsilon)]_n + \Pi_{2(n-1)}f(\tau_2)). \quad (15)$$

В силу условия III единственным решением задачи (14), (13) является пограничная функция экспоненциального типа. Теперь из (15) получаем $P(0)\Pi_{2n}x(\tau_2) = -\int_{\tau_2}^{+\infty} P(0)(A(0)(I-P(0))\Pi_{2n}x(s)+[(A(\varepsilon^2 s)-A(0))\Pi_2 x(s,\varepsilon)]_n + \Pi_{2(n-1)}f(s))ds$.

Из (4) при $j = n + 1$ получаем равенство $Q(t)(\bar{f}_n(t) - d\bar{x}_{n-1}(t)/dt) = 0$, где $\bar{f}_n(t) = f_x(\bar{x}_0(t),t,0)P(t)\bar{x}_n(t) + \varsigma(t)$, $\varsigma(t)$ - известная функция. Согласно условию V из последнего равенства однозначно определяется $P(t)\bar{x}_n(t)$.

Из (7) при $j = n$ определяем начальное значение

$$P(0)\Pi_{1n}x(0) = -P(0)(\bar{x}_n(0) + \Pi_{2n}x(0)). \quad (16)$$

Из (5) при $j = n + 1$ с учетом (8) получаем уравнение

$$d(P(0)\Pi_{1n}x(\tau_1))/d\tau_1 = (Q(0)P(0))^{-1}Q(0)\big(f_x(\bar{x}_0(0)+\Pi_{10}x(\tau_1),0,0)P(0)\Pi_{1n}x(\tau_1)+\varsigma(\tau_1)\big), \quad (17)$$

где $\varsigma(\tau_1)$ - известная пограничная функция экспоненциального типа от аргумента τ_1. В силу предположения V решением задачи (17), (16) является пограничная функция экспоненциального типа. Значит, функция $\Pi_{1n}x(\tau_1)$ найдена.

Теорема 1. При условиях I – VI асимптотическое решение задачи (1), (2) в виде (3) может быть построено при помощи ортогональных проекторов на $\ker A(t)$ и $\ker A(t)'$. Порядок нахождения членов асимптотики следующий: $(I-P(t))\bar{x}_j(t)$, $(I-P(0))\Pi_{1j}x(\tau_1)$, $(I-P(0))\Pi_{2j}x(\tau_2)$, $P(0)\Pi_{2j}x(\tau_2)$ $P(t)\bar{x}_j(t)$ и $P(0)\Pi_{1j}x(\tau_1)$, $j \geq 0$.

Литература

1.Бутузов В.Ф., Нефедов Н.Н. Об одной задаче теории сингулярных возмущений // Дифференциальные уравнения. Т. 12. 1976, № 10. – С.1736-1747.

УПРАВЛЕНИЕ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ МУЛЬТИКОПТЕРА В ДВИЖУЩИЙСЯ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОНТЕЙНЕР В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ВНЕШНИХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Легович Ю.С., Русаков К.Д., Диане С.А.К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
rusakov.msk@yandex.ru, legovichy@yandex.ru, diane@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается проблема передвижения мультикоптера в длительных автономных миссиях. Проанализированы подходы к организации его взлета и посадки в роботизированный контейнер, совмещающий функции транспортировки и подзарядки аккумулятора. По результатам исследования разработаны структурные схемы мультикоптера и контейнера, функционирующих при отсутствии внешних навигационных систем.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, мультикоптеры, подвижной контейнер, пеленг, точная посадка

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты типа мультикоптера (МК) являются предметом исследования многих исследовательских центров, военных и гражданских компаний [1]. Благодаря их многофункциональности обеспечивается их применимость в широком спектре задач, например: поиск объектов, осмотр зданий [2], наблюдение, мониторинг и прогнозирования экологической обстановки [3] и т.д.

Однако, в настоящее время очевидны существенные ограничения применения мультикоптеров на больших пространствах – это относительно малая длительность автономной работы [4], а также малая дальность радиоканала передачи качественного видеоизображения. Для легких мультикоптеров, использующих Li-Po аккумуляторы, среднее время полета как правило не превышает 10-25 минут, что существенно ограничивает радиус их действия. Один из способов решения данной проблемы может заключаться в организации оптимального взаимодействия МК с мобильным контейнером (станцией), осуществляющим движение на большие расстояния с подзарядкой бортовых аккумуляторов

В настоящем исследовании рассмотрены основные задачи этой системы: 1. направление МК к контейнеру для зарядки или замены аккумуляторов; 2. навигация МК при движении до станции с применением средств визуального анализа изображений; 3. фиксация МК на станции; 4. подключение к БПЛА: снятие и размещение аккумуляторов; 5. транспортировка аккумуляторов; 6. подзарядка аккумуляторов.

1 Структурная схема мультикоптера

Для реализации вышеописанного функционала МК должен включать в свой состав ряд подсистем, обеспечивающих его автономное функционирование в режимах взлета, следования и посадки. На рис. 1 представлена структурная схема МК, применимого для решения данных задач.

Для определения координат цели применяется бортовой радиоприемник с антенной, диаграмма направленности которой имеет острый максимум. Поворачивая антенну (или же весь корпус МК) в направлении достижения максимума сигнала на выходе усилителя антенны, определяют направление на источник радиосигнала. Этот процесс называют пеленгованием, а значения углов между направлениями на север и источник – пеленгом. Координаты источника радиоизлучения на местности рассчитываются по двум или более пеленгам из разных точек или по одному пеленгу и дальности от пеленгатора до источника. Таким образом, система определения координат источников радиосигнала (пеленгатор) включает в свой состав узконаправленную антенну, усилитель радиосигнала, контроллер управления пеленгом антенны.

2 Мобильный роботизированный контейнер для транспортировки мультикоптера

В целях обеспечения транспортировки мультикоптера на большие расстояния целессообразно использовать мобильный роботизированный контейнер (РК), который должен обеспечить выполнение следующих задач:

1. восстановление энергопитания МК;
2. стыковка МК и контейнера;
3. обмен информацией между контейнером и МК на этапах взлета и посадки.

Отметим, что в работе [8] разработаны два типа автоматических систем перезарядки МК на наземной платформе с зарядкой аккумулятора и с заменой на новый. Система подзарядки подключаются как по контактной проводной схеме, так и по бесконтактной. В работе [8] предлагается три типа станций заряда аккумуляторов БЛА: Rollin’ Mat, Concentric Circles, Honeycomb, они отличаются стоимостью, возможностями и функциями. Также в данной работе предложена система замены аккумулятора БЛА, однако замена разряженного аккумулятора требует согласованной конструкции его крепления на МК.

Обобщая опыт разработки существующих систем стыковки и перезарядки можно предложить структурную схему мобильного роботизированного контейнера, представленную на рис. 1.

Зарядное устройство обеспечивающее зарядку аккумулятора подключается посредством специальной контактной системы являвшейся частью многофункционального механизма соединения МК с роботизированным контейнером, осуществляющем функции транспортировки.

Вертолетная площадка имеет контрастную разметку геометрии поверхности контейнера предназначенную для точной посадке. Форма посадочной площадки может быть плоская, тороидальная с механическими направляющими к центру площадки в зависимости от способа навигации при посадке: система технического зрения, система локальной навигации, система глобальной навигации.

Система фиксации позволяет быстро и надежно прикрепить раму мультикоптера к основанию посадочной площадки. Возможны механические или магнитные способы крепления.

Показания датчика высоты корректируется по показаниям датчика температуры окружающего воздуха в процессе посадки.

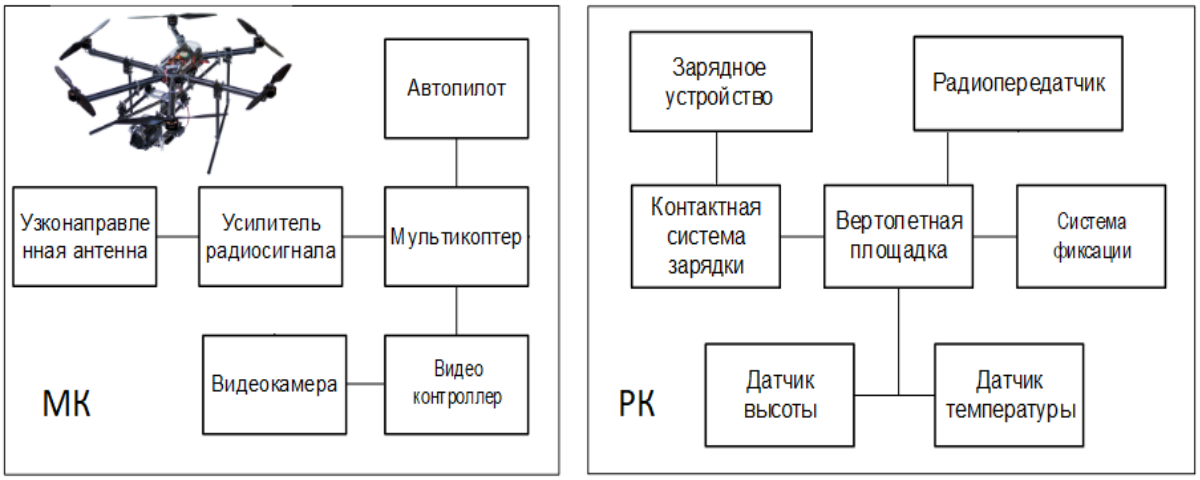


Рис. 1. Структурная схема мультикоптера (слева) и роботизированного контейнера (справа)

3 Управление полетом мультикоптера в режиме преследования цели

В работе [9] рассматривается методика определения курса, скорости и дистанции до цели (преследуемого морского объекта). В работе изложены принципы построения комплексного метода определения параметров цели при одном маневре курсом. В нашем случаи преследователь – это МК, а преследуемый – это мобильный контейнер. Требуется определить скорость перемещения контейнера и расстояние до него. Необходимость выполнения маневра по корректировке расстояния и пеленга при принятых ограничениях на движение цели обуславливает следующие уравнения движения:

$$\frac{dD}{dt} = V\cos(P-C) \qquad \frac{dP}{dt} = -\frac{V\sin(P-C)}{D(t)}$$

где: P - пеленг МК на контейнер, D- дистанция между контейнером и МК, t- время,
V - относительная скорость контейнера, C - относительный курс контейнера.

4 Управление посадкой мультикоптера на основе технического зрения

Автономная посадка МК в настоящее время рассматривается не только на фиксированную площадку, но и на мобильную платформу (контейнер), осуществляющую движение в различных средах. Посадка МК реализуется с помощью различных систем локальной навигации и анализа окружающей территории. Автономная высокоточная посадка до сих пор остается одной из самых сложных задач для МК. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и глобальные навигационные спутниковые системы (GPS) являются основой навигационной системы летательного аппарата. Однако, ИНС накапливает ошибки при интегрировании местоположения и скорости транспортного средства, а GPS перестает работать, когда спутники закрыты зданиями, листвой деревьев и даже при сильном тумане. По этой причине приземление на основе технического зрения получило широкое развитие. В работе [5] приведен подробный обзор задач автономной посадки. В работе [6] рассматривается система управления посадкой БПЛА на подвижную платформу. Предлагается алгоритм обнаружения и локализации подвижной посадочной площадки на основе технического зрения с использованием широкоугольной видеокамеры с высоким разрешением. Анализ видеопотока позволяет оценить положение и скорость подвижной платформы относительно БПЛА. Приводятся результаты летных испытаний.

В работе [7] анализируется алгоритм автономной посадки БЛА на палубу корабля. Эксперименты выполнялись с имитацией динамики различных кораблей и волнения моря с помощью подвижной посадочной площадки с шестью степенями свободы. Примененная система технического зрения использует фильтр Калмана в процессе определения положения БЛА относительно платформы, имеющей специальные графические метки.

Заключение

Использование герметичного роботизированного контейнера позволяет оперативно перемещать МК в различных средах (наземной, надводной и даже подводной) без временных затрат на перевод конструкции МК из полетного режима в транспортный и обратно. В результате значительно расширяется область эффективного применения МК. Главной проблемой в настоящее время является обеспечение высокой надежности автономной посадки МК на подвижную платформу на открытом

воздухе с учетом влияния погодных условий. Дальнейшие исследования будут посвящены поиску методов обеспечения высокой надежности процесса посадки в контейнер, закрепленный на автомобиле, двигающемся по бездорожью.

Работа подготовлена при поддержке программы президиума РАН №30 "Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации".

Литература

1. *Барбасов В.К., Гречищев А.В.* Мультироторные беспилотные летательные аппараты, представленные на российском рынке: обзор // Инженерные изыскания. 2014. № 8. С. 27-31.
2. *Legovich Yu.S., Diane S.A.K., Rusakov K.D.* Integration of modern technologies for solving territory patroling problems with the use of heterogeneous autonomous robotic systems / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE, 2018.
3. *Legovich Yu.S., Efremov A.Yu., Fateeva Yu.G.* Modern Approaches Assurance to the Problem of Detecting the Point Source of Atmospheric Air Pollution with the Use of Unmanned Aerial Vehicles / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE, 2018.
4. *Павлова Н.В., Смеюха А.В*. Повышение эффективности выполнения полетного задания современными маневренными летательными аппаратами // Труды МАИ. 2016. №87.
5. *Kong, W.; Zhou, D.; Zhang, D.; Zhang, J.* Vision-based autonomous landing system for unmanned aerial vehicle: A survey. In Proceedings of the 2014 International Conference on Multisensor Fusion and Information Integration for Intelligent Systems (MFI), Beijing, China, 28–29 September 2014; pp. 1–8.
6. *Kim J.W., Jung Y.D., Lee D.S., Shim D. H.* Landing Control on a Mobile Platform for Multi-copters using an Omnidirectional Image Sensor // Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2016, vol. 84, pp. 529–541.
7. *Sanchez-Lopez J.L., Pestana J., Saripalli S., Campoy P.* An Approach Toward Visual Autonomous Ship Board Landing of a VTOL UAV // Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2014, vol. 74, pp. 113–127
8. Kemper P.F., Suzuki K.A.O., Morrison J.R. UAV Consumable Replenishment: Design Concepts for Automated Service Stations // Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2011, vol. 61, pp. 369–397
9. *Г. Л. Поляк*. Определение координат и параметров движения при маневрировании цели или преследователя. Вестник ВГУ. Серия: физика. Математика. 2016. № 2

ПОСТРОЕНИЕ АССОЦИАТИВНОГО РЯДА ХЕШТЕГОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТИ СОВМЕСТНОЙ ВСТРЕЧАЕМОСТИ И ВЕКТОРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХЕШТЕГОВ

Макрушин С.В., Блохин Н.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва Ленинградский проспект, д.49
SVMakrushin@fa.ru, blokhin.nv@bk.ru

Аннотация: В исследовании предложено формальное определение проблемы построения семантического пути в виде задачи многокритериальной оптимизации на графе, разработана методика решения задачи и предложены примеры автоматически построенных семантических путей на основе собранных данных о совместной встречаемости хештегов социальной сети Инстаграм.

Ключевые слова: семантическая навигация, оптимизация на графе, построение пути, рекомендация хештегов, сеть совместной встречаемости.

Хештеги являются важным механизмом семантической навигации в социальных сетях. В работе рассматривается задача построения ассоциативного ряда между двумя заданными хештегами в сети совместной встречаемости хештегов, построенной для сообщений из социальной сети Инстаграм.

В социальных сетях публикация часто дополнительно описывается набором хештегов, которые дополняют друг друга. Большое количество хештегов повышает популярность сообщения, но ручной подбор нескольких десятков адекватных сообщению хештегов является трудоемкой задачей. Наша цель – разработать алгоритм, который позволит расширить небольшое количество хештегов, придуманных автором. Целью исследования является создание алгоритма, который по паре заданных хештегов возвращает ассоциативный ряд хештегов, то есть последовательность семантически связанных хештегов, которая логически связывает начальный и конечный хештеги, заданные пользователем. Из полученного ассоциативного ряда автор может выбрать актуальные для него хештеги для расширения набора хештегов, сопровождающих публикацию.

В данном исследовании информационной базой для алгоритма построения ассоциативного ряда является сеть (граф) совместной встречаемости хештегов. В такой сети хештеги являются узлами

(вершинами), и факт употребления пары хештегов в одном сообщении Инстаграм порождает связь (ребро) между ними. В качестве веса связи выступает количество совместных упоминаний хештегов.

Для построения сети совместной встречаемости был собран корпус из 14,6 млн сообщений Инстаграм. Для исключения случайных совпадений связь между хештегами создавалась только в случае, если они употреблялись вместе хотя бы дважды. В результате была получена сеть, состоящая из 1,7 миллионов узлов-хештегов и 63,9 миллионов взвешенных связей. Сбор и предварительная обработка данных были реализованы на языке программирования Python, хранение сети – в графовой базе данных ArangoDB.

Анализ построенной сети показал, что в ней имеется значительное количество «хабов», обладающих десятками и сотнями тысяч связей. В результате исследования хештегов-хабов выяснилось, что 80% всех случаев совместных упоминаний хабов обычно обеспечивается всего несколькими десятками хештегов, сильно связанных с данным хабом. Именно такие ключевые связи в сети демонстрируют наибольшую смысловую взаимосвязь между хештегами. Избавившись от большого количества слабых смысловых связей в сети, можно как снизить вычислительную сложность реализации построения ассоциативной цепочки, так и гарантировать наличие сильной смысловой связи между соседними узлами.

В рассматриваемой сети хештегов мы отбросили у каждого узла наименее важные связи, которые в сумме дают не более 20% от общей суммы весов среди соседей данного узла. Такая процедура фильтрация приводит к тому, что связи становятся ориентированными. В результате 63,9 млн неориентированных связей превратились в 61,9 млн ориентированных, при этом модификация позволила снизить количество исходящих связей для «хабов» почти на порядок.

Классический подход поиска оптимального пути в сети – поиск кратчайшего пути – широко изучен, однако для построения ассоциативных рядов более ценными является не просто короткие, но короткие и интуитивно понятные пути [1]. В частности, исследование [2] показывает, что в сетях знаний люди обычно находят интуитивно понятные, но не обязательно кратчайшие пути. Согласно результатам данного исследования, кратчайшие пути между двумя вершинами оказываются намного менее понятными, чем более длинные пути, которые находит человек. Интуитивно понятный путь здесь – это путь, в котором логика каждого перехода очевидна человеку, при этом желательно, чтобы путь был относительно коротким.

Данные результаты можно перенести и на задачу, рассматриваемую в исследовании: ассоциативный ряд хештегов не должен иметь больших семантических разрывов и при этом должен быть достаточно коротким. Чтобы построить ассоциативный ряд хештегов, используя сеть совместной встречаемости, необходимо найти такой путь в сети, который удовлетворяет данным критериям. Далее, такие пути будем называть семантическими.

Формально задачу построения семантического пути можно описать следующим образом. Пусть $P = (n_0, n_1, ..., n_{L-1}, n_L)$ – путь длины L между начальной вершиной $a = n_0$ и конечной вершиной $b = n_L$ и имеется возможность вычислять семантическое расстояние между вершинами: $d(n_i, n_{i+1}) = d_{i+1}$.

Определим семантический разрыв пути как максимальное расстояние между соседними вершинами $D(P) = \max\limits_{i \in [0, L-1]} d(n_i, n_{i+1}) = \max\limits_{i \in [0, L-1]} d_i$. С учетом того, что семантический путь не должен содержать большой семантический разрыв и при этом должен быть коротким, задача построения семантического пути ставится как задача многокритериальной оптимизации (1).

$$(1) \qquad \begin{cases} D(P) \xrightarrow[P]{} \min \\ L(P) \xrightarrow[P]{} \min \end{cases}$$

Здесь оба критерия важны, но в то же время они противоречат друг другу: без первого критерия пути могут быть короче, но будут иметь больший семантический разрыв, а без второго критерия узлы в пути могут быть более тесно связаны, но это будет достигаться за счет слишком длинных путей.

Чтобы эффективно решить задачу (1), в рамках исследования был сконструирован объединенный критерий, включающий в себя оба критерия из задачи (1). Для этого были совершены следующие шаги. Во-первых, функция максимума в определении $D(P)$ была заменена функцией сглаженного максимума, то есть такой функцией S_α с параметром α, что $S_\alpha \xrightarrow[\alpha \to \infty]{} \max$. В нашем случае мы

выбрали функцию LogSumExp (LSE): $S_\alpha = LSE_\alpha(d_1,...,d_L) = \frac{1}{\alpha}\log\left(\sum_{i=1}^{L}\exp(\alpha d_i)\right)$. Чтобы учесть второй критерий задачи, был добавлен штраф *d* за каждый дополнительный шаг. С учетом того, что множитель $\frac{1}{\alpha}$ и логарифм не влияют на выбор оптимального пути, новый объединенный критерий имеет вид (2) (здесь γ - параметр масштаба).

$$W_{\alpha,d,\gamma}(P) = \gamma\sum_{i=1}^{L}\left(\exp(\alpha d_i) + d\right) \xrightarrow[P]{} \min \quad (2)$$

В описанных выше критериях предполагается, что имеется возможность вычислять семантическое расстояние d_i между вершинами. При необходимости метрику для узлов сети можно построить, опираясь только на топологию самой сети [3, 4]. Например, алгоритм node2vec [4] при помощи случайного блуждания по сети порождает последовательность упоминаний узлов сети и применяет к ней алгоритм word2vec [5] для получения векторного представления узлов сети. Однако для случая сетей совместной встречаемости векторное представление узлов легко получить напрямую, применив алгоритм word2vec к исходному множеству сообщений, по которым была построена сеть. С помощью библиотеки gensim для собранного корпуса сообщений из Инстаграм нами было построено векторное представление для каждого хештега. Благодаря этому каждый хештег характеризуется 300-мерным вектором, что позволяет, используя косинусную меру, очень просто определять расстояние между любыми двум хештегами в сети.

Параметры функции $W_{\alpha,d,\gamma}$ выбирались следующим образом. Были посчитали расстояния между всеми связанными узлами и выбрали параметр *d*, равный медиане распределения расстояний. Далее случайным образом были выбраны несколько пар хештегов и рассмотрены два типа путей: путь $P_{a,b}^{greedy}$, построенный простым жадным алгоритмом, учитывающим расстояние до конечного узла, и путь $P_{a,b}^{dijkstra_hops}$, полученный при помощи алгоритма Дейкстры [6], минимизирующего количество переходов. Затем мы выбрали параметры α,γ таким образом, что $W_{\alpha,d,\gamma}(P_{a,b}^{greedy}) < W_{\alpha,d,\gamma}(P_{a,b}^{dijksta_hops})$ для большинства пар. Такой выбор параметров приводит к тому, что алгоритм Дейкстры с учетом функции $W_{\alpha,d,\gamma}$ начинает предпочитать пути первого типа путям второго типа.

Построение путей с помощью алгоритма Дейкстры, использующего глобальную информацию о сети, может быть вычислительно затратным. Вместо этого можно применить алгоритм, который использует только локальную информацию и функцию эвристической оценки от рассматриваемой вершины до конечной. В рамках исследования была проведена модификация алгоритма из [7], позволившая учитывать текущее расстояние от начального узла и добавившая возможность хранить *k* лучших путей. Этот алгоритм был применен на модифицированной сети совместной встречаемости хештегов с метрикой, порожденной полученным векторным представлением хештегов, и с использованием функции $W_{\alpha,d,\gamma}$. В Таблице 1 представлен пример, демонстрирующий различие кратчайшего пути и семантического пути, построенного с помощью разработанного алгоритма для одной пары начального и конечного хештега.

Таблица 1. Примеры ассоциативных рядов, построенных с помощью глобального кратчайшего пути на графе совместной встречаемости и семантического пути, построенного с помощью жадного локального алгоритма с использованием векторного представления хештегов

Глобальный кратчайший путь	Семантический путь
#эконометрика	#эконометрика
#алматы	#экономика
#лень	#советыпредпринимателя
	#таймменеджмент
	#лень

Таким образом, в результате исследования была дана формальная постановка задачи построения семантического пути и предложен оригинальный подход для поиска вычислительно эффективного

решения задачи построения ассоциативного ряда на основе совместного использования техники получения векторного представления слов и сети совместной встречаемости терминов, приведен пример работы алгоритма для набора данных из социальной сети Инстаграм.

Литература

1. He L. et al. Neurally-Guided Semantic Navigation in Knowledge Graph. // IEEE Transactions on Big Data. 2018.

2. West R., Pineau J., Precup D. Wikispeedia: an online game for inferring semantic distances between concepts. // IJCAI, 2009. – P.1598-1603.

3. Goyal P., Ferrara E. Graph Embedding Techniques, Applications, and Performance: A Survey. // Knowl.-Based Syst. 2018, №151. – P.78-94.

4. Grover A., Leskovec J.. node2vec: Scalable feature learning for networks // Proceedings of the 22nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, ACM. 2016. – P.855–864.

5. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G. K., Dean, J. Efficient estimation of word representations in vector space // CoRR, abs/1301.3781 (2013)

6. Dijkstra, E. A note on two problems in connexion with graphs // Numerische Mathematik 1(1), 269–271 (1959). doi: 10.1007/BF01386390

7. Capitan J.A. et al. Local-Based Semantic Navigation on a Networked Representation of Information // PLoS ONE 7(8): e43694 / 2012 *Sdf*

ПАТТЕРНЫ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КООРДИНАТ[96]

Мячин А.Л.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д.20,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
amyachin@hse.ru

Аннотация: Показана возможность использования новых методов анализа паттернов для поиска закономерностей в данных. Описаны некоторых свойства методов анализа паттернов, основанных на алгоритмах сортировки. Рассмотрена методология корректировки конечных результатов при наличии погрешностей в данных, характеризующих исследуемую выборку объектов.

Ключевые слова: паттерн, анализ паттернов, кластерный анализ.

Введение

С накоплением большого количества разнородных данных весьма актуальным становится совершенствование существующих и создание новых алгоритмов, позволяющих выявлять закономерности в больших массивах информации. Среди множества существующих методов можно выделить три важных подхода: классификация, кластеризация и анализ паттернов. При отсутствии возможности установления конечного количества групп, на которое должны быть разбиты исследуемые объекты, а также при сомнениях в определении типичных представителей каждой группы, целесообразно не использовать методы классификации данных, а переходить к кластеризации и анализе паттернов.

Методам кластеризации посвящено множество обзоров, к примеру [8]. К наиболее известным методам можно отнести k-means [7] и его модификации (к примеру, k-means++), DBSCAN, иерархическая кластеризация, Mean Shift и др.

Анализ паттернов также является весьма популярным методам анализа данных, успешно примененный в различных задачах, к примеру, при анализе государственной состоятельности стран мира [2], в банковской сфере [1], политологии [6] и др.

1 Анализ паттернов и кластерный анализ: краткое сопоставление методов

Как и описано во введение, довольно часто в самых различных областях имеется необходимость поиска закономерностей в данных и объединение схожих объектов в группы. Если мы не знаем

[96] *Работа подготовлена в результате проведения исследования в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) и с использованием средств субсидии в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации "5-100".*

конечное количество подобных групп, а также ее типичных представителей, целесообразным представляется использование методов кластеризации или анализа паттернов для получения некоторого разбиения исходного множества объектов.

Методам кластерного анализа посвящено множество обзоров, подробно описывающих различные методы выявления кластеров в исходном наборе данных. Само понятие «кластер» в литературе хорошо определено. Из [3]: «Под кластером обычно понимается часть данных (в типичном случае – подмножество объектов или подмножество переменных, или подмножество объектов, характеризуемых подмножеством переменных), которая выделяется из остальной части наличием некоторой однородности ее элементов».

Одним из современных методов анализа паттернов, продемонстрировавший свою эффективность при решении множества прикладных задач, а также протестированный на классических тестовых данных (таких, как Iris Data Set, Wine Data Set, Balance Scale Data Set и др.) является порядково-инвариантная паттерн-кластеризация [4]. Данный метод основан на парном сравнении показателей и не зависит от выбора последовательности входных данных. Основные свойства порядково-инвариантной паттерн-кластеризации подробно представлены в [4], одно из которых описывается следующим утверждением: «Для любых объектов, объединенных в единый кластер на основе порядково-инвариантной паттерн-кластеризации, существует порядок расположения показателей, образующий для данных объектов монотонную неубывающую/невозрастающую последовательность».

Приведенное выше утверждение открывает возможность для существенного уменьшения вычислительной сложности порядково-инвариантной паттерн-кластеризации, позволяя использовать классические методы сортировки данных для получения порядково-инвариантных паттерн-кластеров (групп объектов, полученных с использованием данного метода).

Основное отличие методов анализа паттернов от методов кластерного анализа является способ объединения объектов: в первом случае рассматривается структура объектов по выбранным показателям, не делая упор на их абсолютные значения. Продемонстрируем данное свойство на следующем примере.

Таблица 1. Гипотетический пример для общего сопоставления методов анализа паттернов и кластерного анализа

Объект	A	B	C
X1	20	60	20
X2	18	62	18
X3	30	10	30
X4	28	8	28
X5	2	6	2
X6	1,8	6,2	1,8

Для наглядности, приведем два различных способы визуального представления данных из табл. 1. При использовании методов анализа паттернов, как правило, используется система параллельных координат [9].

Как видно на рис. 1, хорошо выделяются три группы объектов: {X1, X2}, {X3, X4}, {X5, X6}. Во многих практических задачах подобное разбиение и потребуется, и, с использованием множества методов кластерного анализа возможно получение данного результата.

Однако, если посмотреть на объекты X1 и X4, можно заметить, что их структура весьма схожа: значения показателей объекта X1 есть значения показателей X4, помноженные на 10. Данное наблюдение верно и для объектов X2 и X6. Таким образом, несмотря на существенные различия в абсолютных значениях показателей, приведенные выше объекты имеют схожую структуру данных, и задачей анализа паттернов, в данном случае, является разбиение на две группы: {X1, X2, X5, X6}, {X3, X4}.

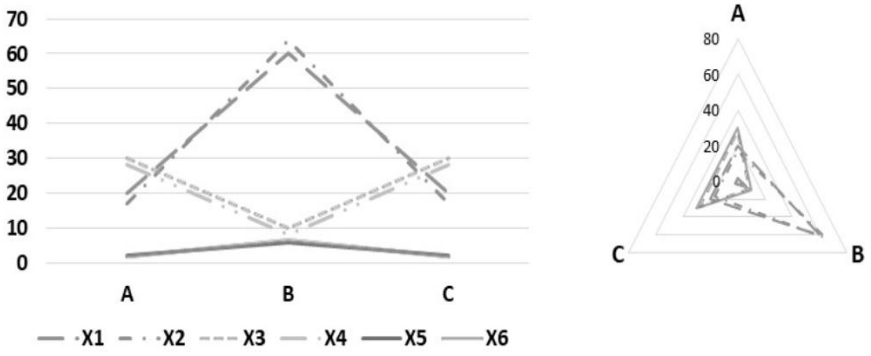


Рис. 1. Гипотетический пример: визуализация данных (слева – представление в 3-мерной системе параллельных координат; справа – многоугольники оценки).

2 Корректировка результатов с использованием центроидов

Очевидно, что методы анализа паттернов, основанные на парном сравнении показателей (и не только данные методы), могут быть чувствительны к наличию погрешностей в исходных данных. Их округление до определенной точности не всегда способно привести к ожидаемым результатам. Также, весьма частой проблемой при использовании различных методов кластеризации/анализа паттернов является вопрос выявления и интерпретации небольших групп объектов. В связи с этим, целесообразным является разработка методов, позволяющих корректировать конечные результаты разбиения исходного множества объектов при предположении о наличии погрешностей в исходных данных. Одним из возможных решений является корректировка результатов с использованием центроидов порядково-инвариантных паттерн-кластеров, подробно описанный в [5]. Приведем краткое описание.

В [5] доказано, что объект x_N (центроид), образованный как:

$$x_N = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \,, \quad (1)$$

принадлежит к той же группе, что и объекты, на основе значений которых он образован. В данном случае, n – общее количество объектов, принадлежащих соответствующей группе. Очевидно, что значения показателей объекта x_N будут средними значениями показателей по группе, т.е. $x_N = (1/n\sum_{i=1}^{n} x_{i1}, 1/n\sum_{i=1}^{n} x_{i2},..., 1/n\sum_{i=1}^{n} x_{ik})$. Для каждого исследуемого объекта рассчитывается расстояние до центроида каждой полученной в результате использования порядково-инвариантной паттерн-кластеризации группы с использованием формулы

$$d(x_i, v_{inv}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} \left(x_{ij} - x_{Nj}\right)^2} \,, \quad (2)$$

где v_{inv} – соответствующая группа объектов, полученная с использованием порядково-инвариантной паттерн-кластеризации.

В результате, для каждого объекта будет рассчитано z (согласно количеству полученных при использовании порядково-инвариантной паттерн-кластеризации групп) расстояний $d(x_i, v_{inv})$. Корректировка результатов происходит с использованием формулы

$$w_i = \min(d(x_i, v_{inv_1}), d(x_i, v_{inv_2}),..., d(x_i, v_{inv_z})). \quad (3)$$

Объект x_i относим к группе v_{inv} при $w_i = d(x_i, v_{inv})$. Таким образом, минимизируется расстояние от каждого объекта до центроида группы, к которой данный объект принадлежит.

Литература

1. Алескеров Ф. Т., Солодков В. М., Челнокова Д. С. Динамический анализ паттернов поведения коммерческих банков России // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2006. – Т. 10. – №. 1.

*2. Ахременко А.*С., Мячин А.Л. Паттерн-анализ и кластеризация в исследовании государственной состоятельности: «адаптивная оптика» к политической науке // Политическая наука. – 2019 (в печати).

3. Миркин Б. Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор. – 2011.

3. Мячин А. Л. Анализ паттернов в системе параллельных координат на базе парного сравнения показателей //Автоматика и телемеханика. – 2019. – №. 1. – С. 138-152.

4. Мячин А.Л. Определение центроидов для повышения точности порядково-инвариантной паттерн-кластеризации // Управление большими системами: сборник трудов. – 2019. – №78. – С.6-22.
5. Aleskerov F., Nurmi H. A method for finding patterns of party support and electoral change: An analysis of British general and Finnish municipal elections // Mathematical and Computer Modelling. – 2008. – Т. 48. – №. 9-10. – С. 1385-1395.
6. Hartigan J. A., Wong M. A. Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm // Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics). – 1979. – Т. 28. – №. 1. – С. 100-108.
7. Jain A. K., Murty M. N., Flynn P. J. Data clustering: a review // ACM computing surveys (CSUR). – 1999. – Т. 31. – №. 3. – С. 264-323.
8. Inselberg A. The plane with parallel coordinates // The visual computer. – 1985. – Т. 1. – №. 2. – С. 69-91.

КОРРЕКТИРОВКА СПЕЦИФИКАЦИИ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ НАЛИЧИИ МУЛЬТИКОЛЛИНЕАРНОСТИ ИСХОДНЫХ РЕГРЕССОРОВ

Орлова И.В.
Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский пр.,49
ivorlova@fa.ru

Аннотация: Работа посвящена задаче построения регрессионных моделей в условиях мультиколлинеарности исходных регрессоров. Предложен метод преобразования переменных, позволяющий уменьшить степень мультиколлинеарности без большого ущерба для содержательного смысла модели и применимого как для пространственных данных, так и для многомерных временных рядов.

Ключевые слова: мультиколлинеарность, тренд, многомерные временные ряды.

Введение

При построении эконометрических моделей наличие мультиколлинеарности регрессоров приводит к нежелательным последствиям и поэтому возникает необходимость избавиться от нее, либо хотя бы ослабить степень мультиколлинеарности [1, 2, 3] .

В случае, когда исходные переменные представляют собой нестационарные многомерные временные ряды, каждый из них зачастую имеет тренд, что приводит к появлению ложной корреляции и, следовательно, регрессоры становятся мультиколлинеарными, даже если по смыслу они независимы друг от друга. Для уменьшения степени мультиколлинеарности предлагается разбить исходные регрессоры на две части – тренд и остаток. Остатки свободны от корреляции, вызванной трендами переменных, а коэффициенты регрессии при них равны коэффициентам регрессии при исходных переменных. При этом ошибка предложенной трендово-факторной модели меньше ошибок как трендовой модели, так и модели по исходным временным рядам.

В случае пространственных переменных предложенный подход приводит к методу неполной ортогонализации исходных переменных с помощью замены некоторых исходных переменных на остатки регрессии этих переменных на другие экзогенные переменные, тесно связанные с ними. При этом в новом уравнении регрессии меняются коэффициенты регрессии только при переменных, выступающих в роли зависимых переменных во вспомогательных уравнениях регрессии. Метод приводит к поддающимся содержательной интерпретации переменным, менее коррелированным по сравнению с исходными переменными. При этом получены также формулы связи ковариационных матриц коэффициентов регрессии по старым и новым переменным.

1 Решение задачи в случае, когда исходные регрессоры являются многомерными временными рядами

Без ограничения общности, предположим, что тренды $y(t)$ и регрессоров $x_j(t)$ (j=1,…,m) являются многочленами не выше второй степени. Модель линейной регрессии $y(t)$ на $x_j(t)$ имеет вид:
$y(t) = \beta_0 + \sum_{j=1}^{m} \beta_j x_j(t) + \varepsilon_t$, t=1,…,n.

1.1 Построение модели и прогнозирование по ней

Значения $x_j(t)$ представим в виде суммы тренда и отклонений от тренда: $x_j(t) = a_{0,j} + a_{1,j}t + a_{2,j}t^2 + u_j(t)$, при этом никаких предположений относительно остатков $u_j(t)$ не делается. Тогда $y(t)$ примет вид:

$y(t) = \gamma_0 + \gamma_1 t + \gamma_2 t^2 + \sum_{j=1}^{m} \beta_j u_j(t) + \varepsilon_t$, где $\gamma_0 = \beta_0 + \sum_{j=1}^{m} \beta_j a_{0,j}$, $\gamma_1 = \sum_{j=1}^{m} \beta_j a_{1,j}$, $\gamma_2 = \sum_{j=1}^{m} \beta_j a_{2,j}$.

Как видим, коэффициенты регрессии при остатках $u_j(t)$ те же самые, что и коэффициенты регрессии при исходных переменных $x_j(t)$, но получены они по регрессорам, имеющим гораздо меньший уровень мультиколлинеарности.

Для прогнозирования уровня зависимой переменной при t=L надо иметь прогнозные значения $u_j(L)$. Поскольку среднее значение $u_j(t)$ равно нулю, то естественно положить $u_j(L)$ равными нулю. Тогда прогнозное значение $y(L)$ равно $y(L) = \gamma_0 + \gamma_1 L + \gamma_2 L^2$. Полученные значения $y(L)$ отличаются от прогноза, полученного по трендовой модели, поскольку в трендово-факторной модели присутствуют, кроме t, переменные $u_j(t)$. Поэтому же доверительные интервалы прогнозов будут меньше интервалов прогнозов по трендовой модели, в которой учитывается только время t .

1.2 Количественная оценка повышения точности прогноза

Ошибка прогноза $\hat{\sigma}_p$ при $t = L$ равна $\hat{\sigma}_p = \hat{\sigma}_e \sqrt{1 + \left(\boldsymbol{v}^T(L), \boldsymbol{u}^T(L)\right)(U^T U)^{-1}(\boldsymbol{v}^T(L), \boldsymbol{u}^T(L))^T}$, где $\hat{\sigma}_e$ – стандартная ошибка остатков модели, знак T означает транспонирование, $\boldsymbol{v^T}(L) = (1, L, L^2)$, $\boldsymbol{u^T}(L) = (u_1(L), u_2(L), \ldots, u_m(L))$, $U -$ блочная матрица, $U = (T, D)$; строки матриц T и D равны соответственно $\boldsymbol{v^T}(t)$ и $\boldsymbol{u^T}(t)$, t=1,…,n. Можно показать, что матрица $(U^T \cdot U)^{-1}$ равна $(U^T \cdot U)^{-1} = \begin{pmatrix} V_{t,t}^{-1} - B_{u,t}C & C^T \\ C & V_{u,u}^{-1} - B_{t,u}C^T \end{pmatrix}$, где $B_{t,u} = (D^T D)^{-1} D^T T$ - матрица коэффициентов регрессии v(t) на u(t), $B_{u,t} = (T^T T)^{-1} T^T D$, $V_{t,t} = T^T T$, $V_{u,u} = DT^T D$, $C = (V_{u,t}B_{u,t} - V_{u,u})^{-1} B_{u,t}^T$, $V_{u,t} = D^T T$. Подставляя $\boldsymbol{u}(L) = \boldsymbol{0}$ в формулу для $\hat{\sigma}_p$, получаем, что ошибка прогноза $\hat{\sigma}_p$ равна

$\hat{\sigma}_p = \hat{\sigma}_e \sqrt{1 + \boldsymbol{v^T}(L)\left(V_{t,t}^{-1} - B_{u,t}C\right)\boldsymbol{v}(L)}$. Если бы прогнозирование осуществлялось только по тренду, без учёта uj(t), то ошибка прогноза вычислялась бы по формуле

$\hat{\sigma}_{p,trend} = \hat{\sigma}_{e,trend}\sqrt{1 + \boldsymbol{v}^T(L)V_{t,t}^{-1}\boldsymbol{v}(L)}$, где $\hat{\sigma}_{e,trend}$ - оценка стандартного отклонения трендовой модели. Так как остатки U_jt) не зависят от t, то матрицы оценок коэффициентов регрессий t, t^2 на uj, как и регрессий uj на t, t^2, близки к нулевой, $B_{t,u} \approx 0$, $B_{u,t} \approx 0$, и, следовательно, $C \approx 0$. Поскольку матрица $B_{u,t}C$ близка к нулевой, то ошибки прогноза двух моделей фактически отличаются только множителем, равным стандартной ошибке остатков модели. Поскольку $\hat{\sigma}_e < \hat{\sigma}_{e,trend}$, ошибка прогноза трендово-факторной модели будет меньше ошибки прогноза трендовой модели примерно настолько, во сколько раз $\hat{\sigma}_e$ меньше $\hat{\sigma}_{e1}$.

2 Решение задачи в случае, когда исходные регрессоры являются пространственными переменными

Модель линейной регрессии в этом случае имеет вид:

$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \ldots + \beta_m x_{im} + \varepsilon_i$, $i = 1, \ldots n$,

где x_{ij} – значение X_j в i-ом наблюдении, ε_i – случайное возмущение.

Допустим, что среди регрессоров есть группы тесно связанных между собой переменных (эти группы можно определить, например, с помощью корреляционной матрицы или с помощью метода Belsley-Kuh-Welsch [4]). В каждой группе выберем одну или несколько переменных и с помощью метода наименьших квадратов (МНК) получим оценки коэффициентов регрессий остальных переменных группы на выбранные переменные. При этом никаких допущений относительно остатков

регрессии не делается. Остатки этих регрессий обозначим через U_j. Назовём регрессоры X_j, выступавшие в качестве зависимых переменных в дополнительных регрессиях, "выбранными" переменными, а остальные X_j – "не выбранными" перевменными. Уравнение регрессии "не выбранных" X_j на "выбранные" переменные группы имеет вид:

$x_{ij} = a_{0j} + a_{1j}\, x_{i1} + \ldots + a_{j-1,j}\, x_{i,j-1} + a_{j+1,j}\, x_{i,j+1} + \ldots + a_{mj}\, x_{im} + u_{ij}$,

Из последнего уравнения получаем

$u_{ij} = x_{ij} - a_{0j} - a_{1j}\, x_{i1} - \ldots - a_{j-1,j}\, x_{i,j-1} - a_{j+1,j}\, x_{i,j+1} - \ldots - a_{mj}\, x_{im}$.

Как видим, остатки U_j являются линейными комбинациями исходных регрессоров X_k и константы. Выберем в качестве регрессоров эндогенной переменной Y остатки U_j вместо X_j, если X_j выступает в роли зависимой переменной вспомогательной регрессии, остальные U_j равны исходным переменным X_j. Есть основания считать, что уровень мультиколлинеарности переменных U_j меньше уровня мультиколлинеарности переменных X_j (к примеру, для парной регрессии остатки от регрессии ортогональны зависимой переменной).

Обозначим через U матрицу значений новых регрессоров размерности $n \times (m+1)$. Так как U_j коррелируют между собой меньше, чем X_j , то вычисление коэффициентов регрессии и их интерпретация не связаны с затруднениями, вызванными наличием мультиколлинеарности регрессоров.

Обозначим через A матрицу линейного преобразования исходных переменных X_j. Тогда $U = X \cdot A^T$. Матрица A является невырожденной (если X_j не являются строго мультиколлинеарными), следовательно, преобразование переменных является взаимно-однозначным.

Пусть γ и β - векторы коэффициентов регрессии Y на переменные U_j и X_j соответственно. Взаимосвязь векторов коэффициентов регрессии описывается формулой $\beta = A \cdot \gamma$. В силу того, что преобразование, определяемое матрицей A, является взаимно-однозначным, остатки обеих регрессий, т. е., $Y - X \cdot \beta$ и $Y - U \cdot \gamma$, совпадают и тогда совпадают и коэффициенты детерминации.

Если X_j – «не выбранная» переменая, то коэффициент регрессии γ_j при U_j равен коэффициенту регрессии β_j при X_j, если же X_j - «выбранная» переменая, то γ_j равен β_j плюс сумма членов $\beta_k \cdot a_{jk}$ по всем таким k, для которых X_j входит регрессором во вспомогательную регрессию X_k на связанные с ним регрессоры. В этом случае γ_j может интерпретироваться как приращение Y при изменении X_j на единицу с учётом изменений других регрессоров, связанных с X_j корреляционной зависимостью.

Для прогнозирования значения Y при заданных значениях исходных регрессоров

$x_{\text{пр}} = (x_1^{\text{пр}}, x_2^{\text{пр}}, \ldots, x_m^{\text{пр}})$

надо вычислить прогнозное значение $u_{\text{пр}} = (u_1^{\text{пр}}, u_2^{\text{пр}}, , u_m^{\text{пр}})$ по формуле $u_{\text{пр}} = x_{\text{пр}} \cdot A^T$ и затем воспользоваться уравнением регрессии Y по U_j.

Заключение

Предложенный метод неполной ортогонализации пространственных исходных переменных позволяет, в отличие от ортогонализации с помощью метода главных компонент, получать поддающиеся содержательной интерпретации результаты моделирования. Получены формулы, позволяющие при необходимости перейти к уравнению регрессии по первоначальным переменным и получить все характеристики этого уравнения.

Рассмотренная в работе трендово-факторная модель позволяет частично решить проблему мультиколлинеарности при моделировании многомерных временных рядов. При этом ошибка прогноза трендово-факторной модели меньше ошибок других моделей.

Литература

1. Péter Kovács Examination of Multicollinearity in Linear Regression Models Examination of PETRES' Red. Theses of PhD Dissertation Szeged 2008 http://docplayer.hu/3607097-Examination-of-multicollinearity-in-linear-regression-models-examination-of-petres-red.html (дата обращения 12.03.2019)

2. *Gordinsky, A.* (2016) New Facts in Regression Estimation under Conditions of Multicollinearity. Open Journal of Statistics, 6, 842-861. doi: 10.4236/ojs.2016.65070

3. *Бабешко Л.О., Орлова И.В.* Модификация трендово-факторной модели при прогнозировании по многомерным временным рядам// "Фундаментальные исследования"—2019. —№ 3, С. 5-10.

4. Regression Diagnostics - Identifying Influential Data and Sources of Collinearity (David A. Belsley, Edwin Kuh, Roy E. Welsch) John Wiley & Sons, New York. 1980. — P. 297.

ЗАЩИТА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОБЪЕКТОВ

Полтавцева М.А., Калинин М.О.

Санкт – Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, г. Санкт-Петербург ул. Политехническая д.29
poltavtseva@ibks.spbstu.ru

Аннотация: В работе рассматриваются особенности систем управления данными при мониторинге безопасности крупномасштабных объектов. Выделены особенности угроз и возможностей нарушителя. На основе принципов построения защищенных систем управления большими данными авторами предложены решения по концептуальному описанию данных и операций системы мониторинга, обеспечению технологической и архитектурной полноты защиты. Проведена классификация узлов – обработчиков в соответствии с принципом минимизации доверия. Предложена новая архитектура типового звена управления данными системы мониторинга безопасности в защищенном исполнении.

Ключевые слова: Большие данные, информационная безопасность, мониторинг безопасности крупномасштабных объектов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-03102

Введение

Современные тенденции в области цифрового управления и производства приводят к широкому применению информационных систем для автоматизированного мониторинга, в том числе – мониторинга крупномасштабных объектов промышленного характера. Характерные черты таких систем: распределенность; взаимодействие через публичные сети; связь с реальными физическими объектами - делают их привлекательными для нарушителя. Это порождает необходимость не только мониторинга событий безопасности в крупномасштабных системах, но и защиты самой системы обеспечения устойчивого функционирования от злоумышленника.

Эффективность задач мониторинга безопасности сегодня зависит от обработки больших объемов данных, корректность и конфиденциальность которых достаточно важны. Однако, системы управления Большими данными на сегодняшний день имеют ряд проблем с защитой информации [1], связанных с технологическим развитием самих решений и изменением в модели угроз[2]. Таким образом, задача защиты информации в этом классе систем является сейчас высоко актуальной. Настоящая работа описывает новый подход и соответствующие практические решения для построения защищенных систем управления Большими данными в информационных системах мониторинга безопасности крупномасштабных объектов.

1 Подход к обеспечению безопасности систем управления данными мониторинга

Новые угрозы в системах управления большими данными связаны со сложным жизненным циклом фрагментов обрабатываемой информации и снижением степени доверия к узлам - обработчикам. Основными целями нарушителя могут быть дискредитация и нарушения в системе работы мониторинга безопасности (что открывает возможности для прочих нарушений); получение злоумышленником данных об объекте, его организации (географической и структурной), системе защиты; возможность получения доступа к данным о функционировании физического объекта. Если система мониторинга безопасности совмещена с системой общего мониторинга (как правило, используется общая архитектура данных), это возможность, в конечном итоге, влиять на функционирование объекта в обход систем защиты.

Основными задачами безопасности при построении системы управления данными становятся: отслеживание взаимосвязей и соблюдение политики доступа к данным на протяжении всего жизненного цикла обработки; защита данных на протяжении всего жизненного цикла при передаче, хранении и обработке с учетом низкой степени доверия к узлам – обработчикам. Большинство современных решений по защите Больших данных [1,2] не предлагает комплексного решения проблемы, за исключением согласованных подходов на основе одного программного стека и частных облаков. Для систем этого класса в работе [3] предложен консистентный подход к обеспечению защищенности, основанный на принципах консистентности описания данных и процессов, полноты и минимизации доверия.

2 Консистентное представление данных и процессов мониторинга безопасности

Согласно работам [4-6], данные мониторинга в различных областях представляют собой наборы временных рядов параметров. Важными являются, во-первых, набор фактических данных вида <Paremeter, {Timestamp, Value}>, где Parameter – фиксируемое значение, {Timestamp, Value} – набор

значений, где каждому значению сопоставлено время его формирования. Во вторых, это справочники метаданных. Для унификации представления данных и операций по их обработке в системе безопасности, сформируем схему данных в концептуальной агрегатной модели [3]. В качестве базового агрегата предлагается использовать пару <Key, Value> где в качестве ключа выступает кортеж <P_Class, P_Time,Timestamp>, где P_Class - параметр, P_Time – идентификатор временного ряда, Timestamp – временная метка значения, а значение агрегата представляет собой <Value> временного ряда. При необходимости могут быть добавлены уровни вложенности, связанные с иерархической агрегацией географически распределенной системы: идентификатор источника данных или другие мета - параметры.

Операции над данными в системе мониторинга можно разделить на две группы. Первая группа – это операции оперативного управления информацией, включая ее запись, выборку и пересылку. Основными ключами выборки данных являются: параметры и идентификаторы временных рядов. Вторая группа – операции аналитической обработки, которые можно разделить на операции формирования временного ряда большей размерности и сложные вычислительные операции над компонентами ряда. Так как доступ различных участников (поставщиков данных, аналитиков) к системе мониторинга регламентируется характером требуемых (поставляемых) им данных или подключения, разграничение доступа предлагается регламентировать на основе ABAC [7]. В этом случае основными атрибутами, определяющими права доступа, будут: параметр; время поступления данных; точка (географическое положение или узел) поступления данных; источник данных. При необходимости могут использоваться дополнительные атрибуты.

Все эти характеристики получаются в момент поступления кортежа автоматически. Использование идентификатора источника позволяет дополнительно проводить его верификацию. Права доступа пользователя и, следовательно, для конечного пользователя также определяются в терминах кортежа <Parameter, Time_in, Incoming_node/Source> При этом временная характеристика Time_in задается диапазоном, внося в ABAC элементы интеллектуализации [7]. Источник данных обладает единственным правом на запись информации в систему, то есть вызов функций: $Include(< P_Class \cdot P_Time, \{\} >, Create(< Timestamp, Value >))$ строго в указанном формате с учетом атрибутов соединения. В свою очередь, потребитель данных, не смотря на то, что получает на выходе итоговый кортеж, имеет потенциальный доступ ко всей информации, которая использовалась при его порождении. Политика безопасности должна распространяются на все агрегаты, участвовавшие в порождении доступных для пользователя (человека или программного компонента) данных. Для достижения этого свойства права доступа конечного потребителя определяются кортежем <*Parameter, Time_in, Incoming_node/Source*> над входными агрегатами. Пава доступа к производным агрегатам определяются на основании входящих в них исходных. Указанные решения позволяют обеспечить выполнение политики безопасности на всем протяжении обработки данных и снизить вероятность эксплуатации уязвимости логического вывода.

3 Полнота защиты и минимизация доверия

Обеспечение полноты защиты связано с последовательным построением системы защиты «снизу вверх» и полнотой отображения структур логического уровня обработки данных на концептуальный уровень проверки безопасности [3]. При обработке данных мониторинга безопасности используются хранилища данных в памяти для оперативного хранения, долговременные хранилища на диске сырых и исторических данных [4-6]. Основные типы используемых СУБД относятся к системам с низкой структуризацией данных, ориентированным на быструю выборку и запись информации.

Безопасность данных на нижнем технологическом уровне (сети передачи данных, физическое хранение) обеспечивается шифрованием. Требованиями к системе шифрования являются: безопасность, высокая скорость операций с данными (что означает выполнение операций над данными без расшифрования), небольшое увеличение объема данных. Современными подходами к шифрованию в этой области являются: полностью гомоморфное шифрование (FHE - Fully Homomorphic Encryption); линейное разделение секрета (LSS - Linear Secret Sharing); Garbled Circuits (GB). Сегодня характеристиками, пригодными для промышленного применения обладают алгоритмы гомоморфного шифрования, относящиеся к категории OPE (Order – Preserving Encryption). Они обеспечивают шифрование с сохранением порядка и позволяют выполнять над зашифрованными данными операции сравнения. Анализ OPE – схем показывает наибольшую потенциальную эффективность R-OPE [8] шифрования, предложенного Шатиловым. Использование этой схемы позволяет выполнять над зашифрованными данными операции сравнения на равенство и сравнения порядка, достаточные для простых NoSQL СУБД в системе управления Большими данными.

Принцип минимизации доверия в системе управления большими данными [3] определяет классификацию узлов системы на доверенные и не доверенные для распределения между ними операций. Иерархическая система мониторинга состоит из географически распределенных «типовых» подсистем (звеньев), объединенных в общую структуру. Для классификации узлов типового звена по принципу секретности используется классификация операций над данными и отображение их на узлы - исполнители. Предложенная Шатиловым К.А. схема шифрования OPE позволяет выполнять операции сравнения на равенство и на порядок. Для выполнения операций NoSQL СУБД типа ключ – значение и семейство столбцов, как и базовых операций Map_reduce, достаточно иметь возможность сравнения данных на точное совпадение и на равенство.

Узлы, связанные с доверенной обработкой данных, должны быть снабжены фреймворками шифрования, осуществляющими дешифровка и шифрование данных. Они должны быть доверенными. Узлы, выполняющие хранение, выборку и фильтрацию данных (обработку данных без учета семантики) могут выполнять свои функции над зашифрованными данными в не доверенном режиме.

Заключение

Системы мониторинга крупномасштабных объектов имеют иерархическую, географически распределенную организацию и сложный жизненный цикл данных. Это приводит к повышению вероятности реализации различных угроз, результатом реализации которых может стать возможность для злоумышленника получить данные о физическом процессе и режиме функционирования объектов, дискредитировать системы защиты, влиять на целевую систему.

Использование единого представления данных и процессов в концептуальной агрегатной модели позволяет задавать согласованную политику безопасности и контролировать ее выполнение на протяжении всего жизненного цикла данных. Предложенная авторами схема разделения узлов ориентирована на современную систему шифрования OPE. Предложенные решения для обеспечения технологической полноты и минимизации доверия разработаны с учетом современных методов защиты информации, управления данными и специфики систем мониторинга безопасности.

Литература

1. *Akeel F. Y.* Secure data integration systems // Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, 2017. https://eprints.soton.ac.uk/415716/1/Final_thesis.pdf
2. *Alshboul Y., Wang Y., Nepali R. K*. Big Data LifeCycle:Threats and Security Model. // Proceedings of the 21st Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2015). 2015, - P. 1 – 7
3. *Полтавцева М.А.* Консистентный подход к построению защищенных систем обработки и хранения больших данных // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. № 2. 2019, - С. 29-44
4. *Pavlenko E., Zegzhda D.* Sustainability of cyber-physical systems in the context of targeted destructive influences // Proceedings - 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems, ICPS. 2018, - P. 830-834 DOI: 10.1109/ICPHYS.2018.8390814
5. *Kotenko I., Saenko I., Branitskiy A.* Framework for Mobile Internet of Things Security Monitoring based on Big Data Processing and Machine Learning // IEEE Access, 2018, Vol.6. 10 p. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2881998
6. *Adiba N., Li Y., Gupta A.* US20110153603A1 Time series storage for large-scale monitoring system // https://patents.google.com/patent/US20110153603A1/en
7. *Haourani L.E., Elkalam A.A., Ouahman A.A.* Knowledge Based Access Control a model for security and privacy in the Big Data // Proceedings of the 3rd International Conference on Smart City Applications (SCA '18). - ACM, New York, USA. 2018, - P. 1-8 DOI: 10.1145/3286606.3286793
8. *Shatilov, K., Boiko, V., Krendelev, S., Anisutina, D., Sumaneev, A*. Solution for secure private data storage in a cloud // Proceedings of the 2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems. 2014. – P. 885- 889

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВИДЕОКОНТРОЛЬ СОТРУДНИКОВ И ПОКУПАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СПРОСА

Розалиев В.Л., Орлова Ю.А., Ульев А.Д.

Волгоградской государственный технический университет,
Россия, г. Волгоград, пр. Ленина 28
vladimir.rozaliev@gmail.com, yulia.orlova@gmail.com, ulyev-ad@yandex.ru

Аннотация: В статье представлен метод распознавания продавцов-консультантов на основе каскада нейросетей, а также рассмотрены методы контроля поведения продавца-консультанта и анализа его взаимодействия с покупателем. Проведен обзор систем с похожими функциональными характеристиками. Представлено описание предлагаемой методики, показаны полученные результаты и пути улучшения.

Ключевые слова: нейронная сеть, искусственный интеллект, распознавание позы человека, мониторинг поведения.

Введение

Современная эпоха характеризуется переходом от экономики производителей к экономике потребителей. В условиях ужесточения конкуренции в сфере торговли и оказания услуг особое значение приобретают клиентоориентированные сервисы.

Основной проблемой внедрения таких сервисов является человеческий фактор, контроль за которым проблематичен в связи с отсутствием готовых программных продуктов.

Обеспечение должного качества оказания услуг становится основной задачей рыночной стратегии развития бизнеса.

Для повышения качества обслуживания предлагается разработка и внедрение программного продукта для контроля за деятельностью продавцов консультантов посредством анализа их работы с использованием оборудования для видеофиксации, а также для идентификации и анализа заинтересованности покупателя.

Работа программного продукта основана на алгоритме Pose Estimator [3], который позволяет определить позу человека, уточняющих алгоритмах, а также вспомогательных нейросетях, которые помогают идентифицировать покупателя и продавца-консультанта, а также определить качество оказываемых им услуг [2].

1 Предлагаемая методика

Для решения поставленной проблемы мы предлагаем использовать каскад из двух нейронные сети, а также ряд методов и алгоритмов:

- Быстрая нейронная сеть Fast Pose Estimator, обученная на архитектуре mobilenet.
- Алгоритм стабилизации «ключевых» точек, позволяющий определить те точки туловища, которые не смогла распознать нейросеть.
- Нейронная сеть для определения характера поведения продавца-консультанта и сотрудника магазина.

2 Первый этап, использование нейросети «Fast Pose Estimation»

Основной задачей нейронной сети является установление позы человека путем непараметрического представления, названного разработчиками Part Affinity Fields (PAFs), для дальнейшего определения местоположения униформы продавца консультанта (фирменная футболка, кепка и т.д.).

Главное преимущество нейросети заключается в высокой скорости работы. В качестве главного недостатка можно выделить уменьшение качества работы при сравнении с классической версией Pose Estimator.

Входными данными для алгоритма «Pose Estimator» является графическое изображение продавца-консультанта, на выходе – изображение с выделенными частями тела человека.

3 Второй этап работы, алгоритм стабилизации «ключевых» точек туловища человека

Скелет строится от начальной точки, находящейся под горлом, далее распознаются глаза, плечи и таз [10]. От плечей достраиваются руки, от точек таза ноги, от глаз уши. Таким образом ключевой для построения является точка под шеей, далее будем называть ее начальной.

Необходимо определить доминирующий цвет футболки продавца. Для повышения качества работы предлагается следующий алгоритм нахождения недостающих «ключевых» точек, основанный на информации о структуре строения человека. Рассмотрим один из вариантов нахождения недостающей «ключевой» точки туловища.

Если было распознано только одна плечо человека, второе плечо можно достроить путём отложения равного отрезка от проекции начальной точки на нормаль точки найденного плеча в сторону не найденного плеча размером, равным размеру расстояния от проекции точки на нормаль точки найденного плеча до точки найденного плеча.

Таким образом, используя информацию о структуре строения человека возможно определить примерное расположение недостающих точек плечей, точек таза. При наличии только начальной точки предлагается определять некоторую область фиксированного размера на туловище человека, путем отложения области ниже ключевой точки на N пикселей.

3 Третий этап, определение доминантного цвета на участке униформы

Основной задачей данного этапа является установление доминантного цвета на участке униформы человека для определения его в группу продавцов-консультантов [1]. В рамках данного алгоритма на вход поступает изображение от «Pose Estimator» с вершинами частей тела человека. На основе которых происходит выделение необходимого участка одежды человека [4] [5] [6].

Для реализации определения доминантного цвета в установленной области существует несколько методов: определение отношения пикселя к заданному набору цветов и кластеризация методом k-средних.

В первом способе изображение конвертируется в пространство цветов HSV, после чего все пиксели изображения анализируются и на основе данных Hue, Saturation, Value устанавливается цвет.

Идея метода k-средних [7] состоит в минимизации суммарного квадратичного отклонения точек кластеров от центров. На первом этапе происходит выбор точек (трехмерное пространство RGB) и определение принадлежности каждой точки к тому или иному центру. Затем на каждом этапе происходит переопределение центров до тех пор, пока не будет найден единый центр.

4 Обучение внешнему виду продавцов консультантов

Определить только лишь цвет одежды человека недостаточно для отнесения его к группе продавцов-консультантов. Необходимо учесть условия разности освещенности помещения в разное время суток, а также вероятность того, что в помещении могут быть осветленные и темные участки. Таким образом распознанный цвет формы может варьироваться.

Для решения этой проблемы необходимо обучить систему всем возможным цветам, которые могут быть «считаны» с одежды продавца- консультанта.

Оператор программного продукта в начале работы с программой должен запустить режим обучения, с помощью которого устанавливаются преобладающие цвета униформы случайно движущегося по магазину продавца-консультанта.

На основе преобладающих цветов одежды продавца формируется «средний доминирующий цвет», который является опорной точкой в формировании цветового диапазона для отнесения к группе продавцов-консультантов.

5 Обзор аналогов

Стоит отметить, что готовых программных продуктов, позволяющих решить рассмотренную в этой статье проблему нет. Аналогичные программные продукты выполняют лишь часть задач.

В качестве аналогов может выступить работа с GPS-трекерами. Данные системы работают на основе определения геолокации. Для реализации данного решения необходимо каждого сотрудника оснастить отдельным GPS трекером, данные с которых с некоторым интервалом времени будут поступать на сервер. Однако, такое решение имеет ряд минусов:

1. Решение экономически затратное, поскольку необходимо закупить GPS трекеры для всего персонала.
2. Нельзя исключать ситуацию, при которой продавец может отдать свой GPS-трекер напарнику, чтобы обмануть систему.
3. Такое решение не является универсальным. При идентификации продавцов-консультантов через камеру возможно расширить функционал, определять уровень и время взаимодействия продавца с покупателем и многое другое.

Также к аналогам относятся системы подсчета количества посетителей на видеопотоке. Данные системы также имеют ряд недостатков, главным из которых является невозможность определения продавцов-консультантов и качества оказываемых ими услуг.

Заключение

С целью усовершенствования технологического процесса детектирования продавца консультанта возможна разработка дополнительного функционала. Для более точного определения продавца консультанта возможен анализ сразу нескольких элементов униформы (например, желтая футболка и

черные штаны). Еще одним фактором, позволяющим детектировать продавца, может служить определение поведения, характерного для продавца-консультанта. Для решения этой задачи нам понадобится создание еще одной нейронной сети.

Модули для идентификации и отслеживания клиентов позволяют углубиться в маркетинговый сегмент. Мы рассчитываем определить необходимые и популярные товары на основе прошлых посещений магазина покупателем. Например, при покупке шорт покупателем в следующем посещении магазина мы порекомендуем сотруднику рекламировать футболку к уже купленным шортам.

Таким образом, разработанный программный продукт позволит качественно улучшить работу продавца-консультанта и, как следствие, приведет к улучшению клиентоориентированности бизнеса.

Эта работа является продолжением работы [8] [9], где были рассмотрены особенности и возможности определения пост-смыслового смыслового отличительного признака.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ и администрации Волгоградской области (гранты 18-07-00220, 18-47-340006, 18-47-342002, 19-07-00020, 19-47-340003).

Литература

1. Хорунжий М. Д. Метод количественной оценки цветов различий при восприятии цифровых изображений // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2008. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metod-kolichestvennoy-otsenki-tsvetov-razlichiy-pri-vospriyatii-tsifrovyh-izobrazheniy (дата обращения: 03.11.2018).

2. Ульянова О. А. Психологические особенности продавцов-консультантов сетевого маркетинга // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия: Психология. 2013. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/psihologicheskie-osobennosti-prodavtsov-konsultantov-setevogo-marketinga (дата обращения: 01.11.2018).

3. Cao, Z., Simon, T., Wei, S.-E., & Sheikh, Y. (2016). Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. CoRR, abs/1611.08050. Retrieved from http://arxiv.org/abs/1611.08050

4. Zhe Cao (2017). Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields // Robotics Institute Carnegie Mellon University. Pittsburgh, Pennsylvania. Retrieved from http://www.ri.cmu.edu/wp-content/uploads/2017/04/thesis.pdf

5. U. Iqbal and J. Gall (2016). Multi-person pose estimation with local joint-to- person associations. In ECCV Workshops, Crowd Understanding. Retrieved from https://arxiv.org/pdf/1608.08526.pdf

6. E. Insafutdinov, L. Pishchulin, B. Andres, M. Andriluka, and B. Schiele (2016). Deepercut: A deeper, stronger, and faster multi-person pose estimation model. Retrieved from https :// arxiv . org / pdf /1605.03170 . pdf

7. Осипова Ю.А., Лавров Д.Н. Применение кластерного анализа методом k-средних для классификации текстов научной направленности // МСиМ. 2017. №3 (43). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-klasternogo-analiza-metodom-k-srednih-dlya-klassifikatsii-tekstov-nauchnoy-napravlennosti (дата обращения: 01.11.2018).

8. Розалиев В.Л., Орлова Ю.А. Определение движений и поз для идентификации эмоциональных реакций человека. [Recognition of gesture and poses for the definition of human emotions]. 11-ая Международная конференция по распознованию образов и анализу изображений: новые информационные технологии (PRIA-11-2013), Самара, 23-28 сентября 2013 г.: Труды конференции [11th International Conference of Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA11-2013), Samara, September 23-28, 2013 : Conference Proceedings] 2013, №2, стр. 713-716

9. Бобков А.С., Розалиев В.Л. Фазификация данных, описывающих движение человека. [Fuzzification of data describing the movement of a person]. Открытые семантические технологии для проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2011): mater. stazher. nauchno-tekhnich. konf. (Minsk, 10-12 fevralya 2011 g.) [Open semantic technologies for the design of intelligent systems (OSTIS-2011) : mater. intern. scientifictechn. conf. (Minsk, Feb. 10-12. 2011)], 2011, стр. 483-486

10. Осипова Ю.А., Лавров Д.Н. Применение кластерного анализа методом k-средних для классификации текстов научной направленности // МСиМ. 2017. №3 (43). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-klasternogo-analiza-metodom-k-srednih-dlya-klassifikatsii-tekstov-nauchnoy-napravlennosti (дата обращения: 01.11.2018).

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВЫРУЧКИ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ КРУПНОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА.

Полунин Ю.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
polunin@expert.ru

Аннотация: Работа посвящена анализу данных о динамике выручки более 38 тысяч российских компаний за период с 2006 по 2015 годы. Для анализа динамики предлагаются модели в виде одинарных и многомерных нелинейных отображений, параметры которых определяются по эмпирическим данным.

Ключевые слова: выручка компаний, медианные оценки, нелинейные отображения, взаимосвязанные процессы.

Анализировались данные о выручке с 2006 по 2015 годы для российских компаний, отвечающих следующим критериям: существовавшие в 2015 году 5 и более лет; имевшие в 2015 году выручку более 200 миллионов рублей. При таких критериях обора в выборку попадают и анализируются компании крупного, среднего и части мелкого бизнеса. Всего таких компаний в российской экономике оказалось 38432.

Компании были классифицированы по значениям темпов прироста выручки за период с 2010 по 2015 годы. Вся совокупность компаний была разбита на четыре равные группы по мере роста значений темпов прироста выручки, по 25 процентилей в каждой группе. В каждой группе оказалось по 9608 компаний. За типичные оценки выручки в каждой группе принимались медианные оценки, на основании которых был построен анализ динамики типичной компании в каждой группе.

Анализ проводился по двум направлениям: во-первых, статистически анализировалась динамика компаний по принципу «за весь временной интервал с 2010 по 2015 годы в целом»; во-вторых, проводился пошаговый анализ динамики перед кризисом и после него, это оценки степени изменений экономической среды и их влияний на различные группы компаний.

Для статистического анализа посткризисной динамики компаний использовался синтез методов регрессионного анализа и нелинейной динамики, изложенный в [1]. Расчеты показали как высокую точность регрессионных моделей, так и возможность увидеть разное влияние предыстории на динамику свойственные типичным компаниям с разными скоростями роста. Кроме того на основании оценок коэффициентов регрессионных уравнений удалось оценить значения и устойчивость особых (неподвижных) точек для нелинейных моделей динамики разных групп компаний.

Пошаговый анализ динамики базировался на основании двух типов эволюционных моделей в виде нелинейных отображений. Первый тип моделей описывает динамику каждой из групп компаний как взаимосвязанную с другими, то есть, как развивающуюся под влиянием общего ограничения. Вполне понятно, что такая динамика может быть только для ограниченных моментов времени, когда на разные группы компаний воздействуют одинаковые факторы. Для оценки точности описания динамики компаний в предположении взаимосвязанности и используются предлагаемые модели. Для описания значений, например, трех процессов на следующем шаге $X_{n+1}, Y_{n+1}, Z_{n+1}$ при таком подходе используется следующая система нелинейных отображений:

$$\begin{cases} X_{n+1} = X_n + X_n\, A(K - X_n - Y_n - Z_n) \\ Y_{n+1} = Y_n + Y_n\, B(K - X_n - Y_n - Z_n) \\ Z_{n+1} = Z_n + Z_n\, C\,(K - X_n - Y_n - Z_n) \end{cases}$$

где A, B, C, - интенсивности соответствующих процессов изменения выручки трех групп компаний при отсутствии ограничения, K – общее ограничение для процессов. По трем значениям каждого из процессов $X_0, X_1, X_2, Y_0, Y_1, Y_2, Z_0, Z_1, Z_2$ возможно трижды получить оценки параметров моделей, используя каждый раз три значения одного из процессов и по два первых значения других процессов. Данный подход был представлен в [2]. В случае строго соответствия взаимосвязанности процессов оценки параметров модели, полученные при разных исходных данных, должны быть равны. Из этого следует, что должны быть равны прогнозные (по полученным моделям) и реальные значения неиспользуемых в оценивании параметров значений процессов. Относительные ошибки расхождения прогнозных и реальных значений процессов являются оценками справедливости допущения о существующей взаимосвязанности процессов. В случае взаимосвязанности появляется

возможность оценить устойчивость особых (неподвижных) точек. Подход к оценке устойчивости особых точек многомерных отображений рассмотрен в [3].

Наряду с многомерными моделями для определения взаимосвязанности процессов каждой из групп в анализе используются и одинарные модели независимой динамики каждого из процессов в виде нелинейных отображений Ферхюльста:

$$X_{n+1} = X_n + X_n A_x (K_x - X_n)$$

$$Y_{n+1} = Y_n + Y_n B_y (K_y - Y_n)$$

$$Z_{n+1} = Z_n + Z_n C_z (K_z - Z_n),$$

где A_x, B_y, C_z - интенсивности развития соответствующих процессов изменения выручки каждой из групп компаний при отсутствии ограничений, K_x, K_y, K_z – индивидуальные ограничения динамики каждой из групп компаний. На основании трех значений можно рассчитать параметры моделей одинарных процессов. Свойства таких отображений известны [4].

В случае взаимосвязанности процессов в анализе можно использовать два варианта оценок параметров. Такая возможность появляется за счет того, что оценки параметров многомерной и одномерных моделей оказываются связанными.

Для обоснования такого подхода было доказано следующее утверждение: «При строгой взаимосвязанности процессов сумма оценок ограничений одинарных моделей K_i равна оценке K ограничения многомерной модели. ($\sum K_i = K$).». Зависимость проявлялась с высокой точностью в анализе динамики выручки групп компаний в случае взаимосвязанности. Так, при сильной взаимосвязанной динамике трех групп компаний (с точностью 2%) таких ситуаций было 4, расхождения оценок не превышали 0,3%. При меньшей взаимосвязи процессов двух групп компаний (на уровне 5%) таких ситуаций было 2, расхождения оценок не превышали 7%.

Такие связи оценок одинарных и многомерных моделей позволяют в ходе анализа ответить на вопрос: «В каких пропорциях разделяется общее ограничение на ограничения каждого из процессов?». Если рассматривать значение ограничений как оценки рыночного потенциала по выручке, то можно понять, как в определенное время в процентном отношении распределяется рыночные доли по типичным компаниям групп.

Как видно из проведенного анализа даже среди очень больших совокупностей данных о выручке российских компаний можно проводить анализ типичной динамики с высокой точностью, используя медианные оценки и разбиение на группы. Высокое совпадение значений оценок ограничений разнотипных моделей в случае взаимосвязей процессов позволяет провести анализ глубже, чем отдельно по каждому типу моделей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ №18-01-00619-а «Разработка новых математических методов и междисциплинарных подходов для анализа ряда социогуманитарных проблем»

Литература

1. Полунин Ю.А. Синтез методов нелинейной динамики и регрессионного анализа для исследования социально-экономических процессов. Журнал «Проблемы управления» №1 2019 год. - С. 32-44

2. Полунин Ю.А. Выявление взаимосвязей нелинейных процессов по эмпирическим данным. Доклад на Всероссийском совещании по проблемам управления ВСПУ-2019г.

3. Кузнецов А.П., Савин А.В., Тюрюкина Л.В. Введение в физику нелинейных отображений. Саратов: Научная книга, 2010 – 134с.

4. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд. 8-е-М.: ЛЕНАНД, 2017 312 с.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИМУЩЕСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Савина О.В., Садовникова Н.П.

Волгоградский государственный технический университет,
Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28
nov1984@yandex.ru, npsnl@ya.ru

Аннотация: Ключевую роль в совершенствовании системы управления имущественным комплексом муниципального образования играет разработка эффективных решений, основанных на анализе данных, связанных с развитием имущественного комплекса, состоянии рынка недвижимости и изменений нормативно-правовой базы.

Ключевые слова: имущественный комплекс муниципального образования, модель управления имущественным комплексом, оценка эффективности управления имущественным комплексом

Введение

Управление имущественным комплексом муниципального образования (ИКМО) представляет собой комплексную задачу, направленную на обеспечение устойчивого развития населенных пунктов, наращивание их ресурсного потенциала и увеличение поступлений в местные бюджеты. Решение данной задачи требует постоянного мониторинга огромного массива информации и оперативного анализа данных, связанных с развитием имущественного комплекса, состоянием рынка недвижимости, изменениями нормативно-правовой базы и пр. В результате принятия и осуществления ошибочных решений в процессе управления ИКМО, появляются риски неэффективного использования территорий, снижения инвестиционной активности и пр. Целью проводимого исследования является анализ процессов ИКМО и определение критериев эффективности управления ИКМО.

1 Проблемы управления имущественным комплексом муниципального образования

В настоящее время определение понятия имущественный комплекс является спорным вопросом и точного перечня состава объектов, входящих в ИКМО в Гражданском кодексе Российской Федерации не установлено. С точки зрения научно-правового знания, например, Е. А. Суханов определяет имущественный комплекс как «особый объект гражданских прав, комплекс взаимосвязанных недвижимых и движимых вещей, используемых по общему назначению как единое целое» [1]. В целом под муниципальным имуществом понимают совокупность не только вещей (движимого и недвижимого имущества), но также прав и обязанностей, закрепленных за муниципальным образованием. ИКМО представляет собой один из компонентов муниципальной собственности, включающий в себя земельные участки, природные и финансовые ресурсы.

Управление ИКМО – это совокупность эффективных действий собственника (или управляющего), направленных на сохранение основных качеств объекта собственности или ее приращение; целенаправленное воздействие на объекты собственности и субъекты их использования в интересах МО, связанное с установлением правил, условий использования муниципальной собственности, достижением поставленных целей с учетом общественных ценностей [2].

В широком смысле управление ИКМО можно трактовать как процесс принятия решений о выборе формы использования объекта. Управление ИКМО должно быть ориентировано на достижение целей, стоящих перед муниципальным образованием: увеличение объемов доходов, поступающих в местный бюджет от оборота, закрепленного за ним имущества, стимулирование социального и экономического развития территорий, с целью наиболее полного и оперативного решения вопросов местного значения в меняющихся условиях внешней и внутренней среды.

Процессы управления имущественным комплексом на уровне местного самоуправления в РФ, отличаются от соответствующих прав и обязанностей, установленных для юридических лиц. К основным способам распоряжения ИКМО следует относить отчуждение муниципального имущества и сдачу его в аренду. Если рассмотреть каждый из представленных видов управления с экономической точки зрения, то можно сделать следующий вывод: отчуждение имущества является единовременной возможностью муниципалитета по получению дохода в бюджет. Наиболее рациональное распоряжение имуществом заключается в сдаче объектов в аренду, поскольку данный вид управления гарантирует продолжительное по времени генерирование дохода.

Среди основных форм предоставления имущества в аренду самыми распространенными выступают: аукцион, коммерческий конкурс, краткосрочная аренда и передача имущества целевым назначением. Каждая из представленных форм имеет свои особенности, но обусловлена одной

задачей - повышением эффективности распоряжения имуществом, предоставленного местным органам власти в распоряжение.

Среди форм распоряжением муниципальным имуществом в разных странах приоритетным является общественно-частное партнерство (public-private partnership), представляющее собой организационный и институциональный альянс между общественной властью и частным сектором в целях реализации социально-значимых проектов в различных сферах деятельности. Построение взаимоотношений между государством, органами местного самоуправления и частным бизнесом основано на заключении концессионных соглашений. Данный вид партнерства является одним из наиболее эффективных инструментов для согласования решений при планировании социально-экономического развития территорий.

Одна из основных проблем, связанная с использованием ИКМО связана с неоднозначностью подходов к оценке эффективности управления ИКМО. На данный момент не существует единой методики анализа эффективности управления ИКМО. В большинстве случаев, в качестве показателя эффективности используют максимально возможный денежный поток, связанный с использованием данного имущественного комплекса. Тем не менее далеко не всегда стоимостная оценка может объективно отражать значимость принимаемых решений связанных с выбором способа эксплуатации того или иного объекта. Прежде всего необходимо учитывать интересы населения, исторические и природные особенности территории.

2 Виды деятельности связанные с управлением

В международной практике по управлению имущественным комплексом выделяют три основные вида деятельности направленные на комплексное развитие ИКМО [3]. По мнению зарубежных аналитиков, процесс управления включает в себя: Asset Management (AM), Property Management (PM), Facility Management (FM). Безусловно каждая деятельность может быть рассмотрена обособлено от других, но комплексное применение одновременно всех видов деятельности дает максимальный положительный эффект.

Анализ взаимосвязи представленных видов деятельности наиболее полно раскрывается через три основные модели управления имущественным комплексом. Каждая из представленных моделей будет описывать процесс управления имущественным комплексом с различных позиций.

Иерархическая модель выделяет процесс Asset Management (AM) в качестве основного, который перетекает в Property Management (PM), включающий в себя услуги по Facility Management (FM). На первый взгляд может показаться, что каждый из процессов последовательно вытекает из другого, но это лишь поверхностное впечатление. Перед каждым из представленных процессов стоят свои разноуровневые и разнохарактерные задачи. В зависимости от рассматриваемого объекта и сложившейся ситуации на рынке недвижимости и в стране в целом можно говорить о подчиненности данных видов деятельности друг другу.

Доходно-расходная модель управления формируется на основании разделения процессов управления относительно формирования потока дохода и расхода. Генерирование дохода строится на следующих процессах Asset Management (AM) и Property Management (PM), расходная часть заложена в процессе Facility Management (FM). Если доходная часть нацелена на увеличение дохода, то расходная часть сконцентрирована на эффективное управление, а именно на минимизацию издержек.

Третья модель отражает три разноплановые точки зрения на один и тот же имущественный комплекс. К примеру, при реализации Asset Management (AM) процесса во главу угла ставится прибыльность имущественного комплекса для инвесторов и собственников, участвующих в данном проекте. В то же время Property Management (PM) является основной задачей технического менеджера и сконцентрирован на объектах недвижимости, составляющих данный имущественный комплекс и его системах. Для человека, осуществляющего производственную деятельность в рамка имущественного комплекса ключевым будет улучшение производственного пространства и услуг, необходимых для развития его производства (деятельности) в рамках данного имущественного комплекса.

Анализ, представленных моделей подчеркивает важность исследования каждого процесс обособленно друг от друга. Расширение и уточнение классификации услуг управления возможно осуществить, основываясь на изучении одной из предложенных моделей управления.

3 Модель управления ИКМО

Управление ИКМО является многоцелевым процессом и ориентировано на согласование целей государства, собственников, инвесторов и пользователей, поэтому для оценки качества результатов

управления требуется создание многокомпонентной модели, отражающей согласование интересов всех заинтересованных лиц (рис.1).

Для функционирования данной модели необходима информация, касающаяся данных о физическом состоянии ИКМО, нормативно-правовых особенностях использования данного ИКМО, объеме финансовых средств на реализацию принимаемых решений, социально-экологических последствиях, проводимых мероприятий в будущем и т.д. На сегодняшний день сбор и анализ данных такого рода в значительной степени затруднен в связи с разного рода ограничениями и отсутствием эффективных механизмов их получения.

Ключевую роль создании механизмов управления ИКМО играют геоинформационные технологии Геоинформационные системы (ГИС) выступают, как инструмент информационной поддержки при проведении экономического анализа, необходимого для анализа стоимости объектов недвижимости, оценке затрат на обеспечение функционирования ИКМО. Кроме того, интеграция ГИС и систем поддержки принятия решений (СППР) позволяет прогнозировать последствия принимаемых решений и выбирать наиболее эффективные варианты развития территорий.

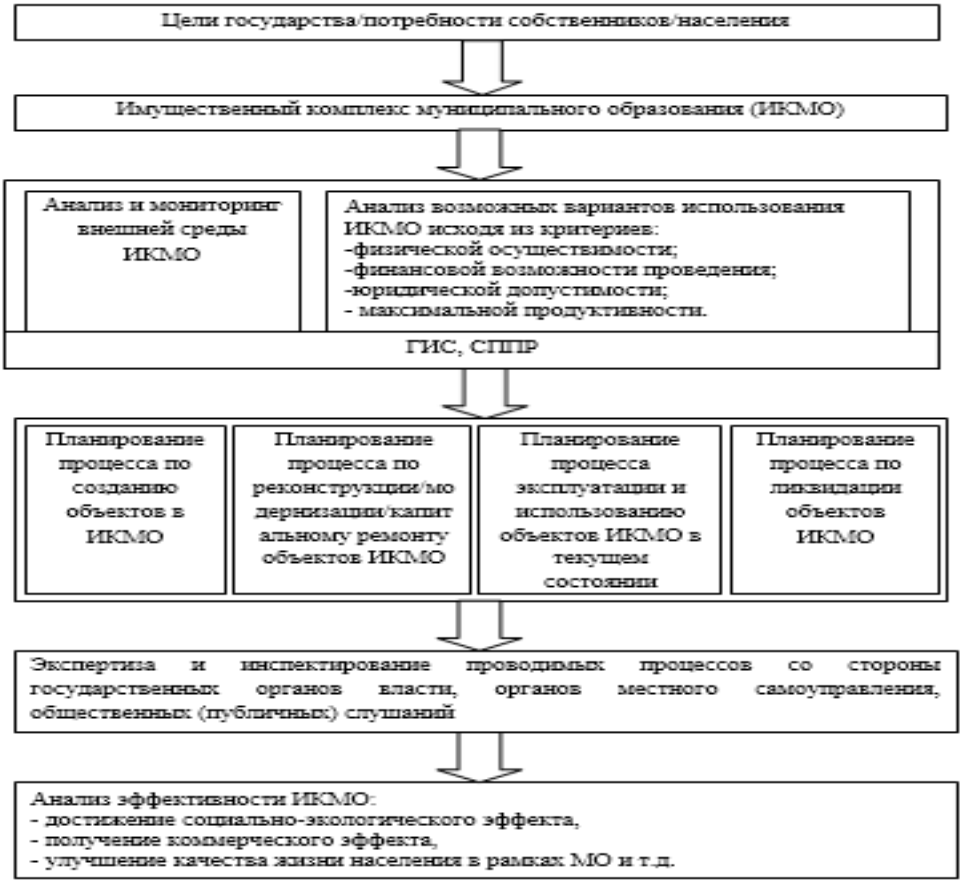


Рис. 1 Модель управления ИКМО

Литература

1. Суханов Е.А. Российское гражданское право. Том 1. - *М.: Статут, 2010. - С.31*0

2. Некрасов В.И. Формирование имущественного комплекса муниципального образования Научный вестник Уральской академии государственной службы: политология, экономика, социология, право. 2007. № 1 (1). С. 71-77.

3. Хабрахманов Р. Запад-восток: наука управления//Управление и эксплуатация Real Estate, лето 2006, С9.

ПРИНЦИП СОДЕРЖАТЕЛЬНО-ФОРМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СИСТЕМАМИ

Салтыков С.А., Русяева Е.Ю.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
sergey.saltykov@gmail.com, rusyaeva@ipu.ru

Аннотация: Показано, что экспертный (содержательный) и метрический (формальный) подходы к управлению хоть и находятся в некотором контрапункте, но не являются полностью взаимоисключающими, поэтому теоретическая возможность управления, удовлетворяющего одновременно и содержательным, и формальным критериям существовала всегда, однако в реальности встречалась лишь в исключительных случаях. Обосновано, что с использованием машинного обучения на данных интернета, размеченных пользователями, появилась возможность проектировать системы управления, следующие содержательно-формальному принципу

Ключевые слова: содержательно-формальное управление, экспертно-метрический подход

Введение

Традиционно знание подразделяют на содержательное и формальное. Действительно, поскольку оппозиция формального и содержательного знания существует уже очень долго, их антиномичность кажется самоочевидной. Многим кажется, что формальное знание не может быть содержательным, а по-настоящему содержательное знание не может быть до конца формализовано. Содержательное и формальное воспринимаются как нечто взаимоисключающее: часто из того, что что-то является формальным, сразу делается вывод, что оно бессодержательное. А, следовательно, в частности, не способствует эффективному управлению.

Но если вдуматься, всегда ли это так? По сути, оказывается, что формальное и содержательное не являются результатом деления по одному основанию. Так, если мы делим знание по степени формализованности, то формальному противостоит непроявленное, неэксплицированное, скрытое, неявное знание. А если делить по близости к сути явления, по тому, насколько нечто отражает существо феномена, насколько некое понятие ухватывает всё многообразие реального множества объектов, то становится ясно, что содержательному знанию противостоит схоластическое [1]. Последнее, по определению, – это искусственное, оторванное от жизненных реалий и не релевантное, в конечном счете, тому сложному феномену, которое оно пытается объять.

Тогда почему, если формальное и содержательное не являются полюсами одной антиномии, они так часто противопоставляются? По-видимому, потому, что они хоть и не обязаны быть в контрапункте всегда, но они часто являются таковыми. Действительно, формальное знание часто является схоластическим (и, следовательно, несодержательным), а содержательное подчас представляется неявным, скрытым, неэксплицированным, и потому неформализованным.

Получается, что хоть это и не строго обязательно, понятия «формальное» и «содержательное» часто взаимоисключающи. Но, с другой стороны, каковы условия существования содержательно-формального знания? Что поможет осуществить диалектическое снятие и совместить в одном феномене до этого кажущиеся антиномичными полюса?

1 Антиномия содержательного и формального знания

Покажем, что для осуществления этого синтеза нужно глубже вглядеться в категорию содержательного. Как бы это не показалось странным, современная информационная эпоха позволяет это сделать. Что бы мыслители разных эпох не понимали под содержательным, опыт последних десятилетий показал, что существенная часть содержательных представлений о процессах принятия решений может быть описана лесом деревьев принятия решений. Описание содержательно значимого процесса принятия решений совокупностью деревьев принятия решений является, в рамках диалектического подхода, тем моментом снятия, которое позволит в единых терминах описать переход от схоластического к содержательному. Тем самым обозначается та зона медиации, которая позволит конструировать уже достаточно содержательные, но и вместе с тем достаточно формализованные решения.

Отметим, что такое возможно впервые в истории и лишь потому, что «сущее обрело дискурс в виде интернета» [2]. Именно существование интернета позволило оцифровать (и, следовательно, сделать измеримым) огромный массив знаний. Это позволило сформировать огромную обучающую выборку, и проблема - «узкое горлышко приобретения знаний» - была хотя бы частично решена. И теперь уже когда существовавшие много десятилетий методы машинного обучения смогли

заработать в полную силу, стало возможным эксплицировать близкий к реальному набор деревьев принятия решений. Конкретные численные характеристики деревьев этого набора для некоторого класса задач - поиска и ранжирования контента в интернете - оказались довольно интересны, показательны и занимательны. Во-первых, эти деревья не так уж глубоки (4-8 уровня глубины) [3]. Но, во-вторых, число факторов, используемых в деревьях весьма велико (тысячи) [4]. Ну, и, в-третьих, число самих деревьев принятия решений в наборе просто огромно - сотни тысяч [5, 6]. Таковы численные характеристики формализованного представления «почти содержательного».

Представим основания для разделения формального и содержательного графически на рис.1.

Итак, на Рис.1 тонкие стрелки указывают направление развития представлений от обыденных и протонаучных к современному научному знанию, а толстые стрелки указывают на переход от современного научного знания к будущему научному знанию.

Еще раз отметим, что точкой снятия для формального и содержательного в области принятия решений будет совокупность деревьев принятия решений. Логика здесь такова: если эта совокупность содержит несколько (до десятка) деревьев, то это нами воспринимается как схоластический подход к принятию решений. Но если мы используем тысячи, десятки тысяч деревьев принятия решений (как, по-видимому, и нейросеть человека), то нами это воспринимается как содержательное принятие решений. С другой стороны, если набор (большой или маленький) деревьев принятия решений эксплицирован, то мы считаем процесс принятия такого решения формальным; если неэксплицирован — то неформальным. Здесь действует закон перехода количества в качество: увеличение количества деревьев принятия решений приводит к изменению качества принимаемых решений, и, тем самым, переводу от схоластического (каким часто является формальное знание) к содержательному.

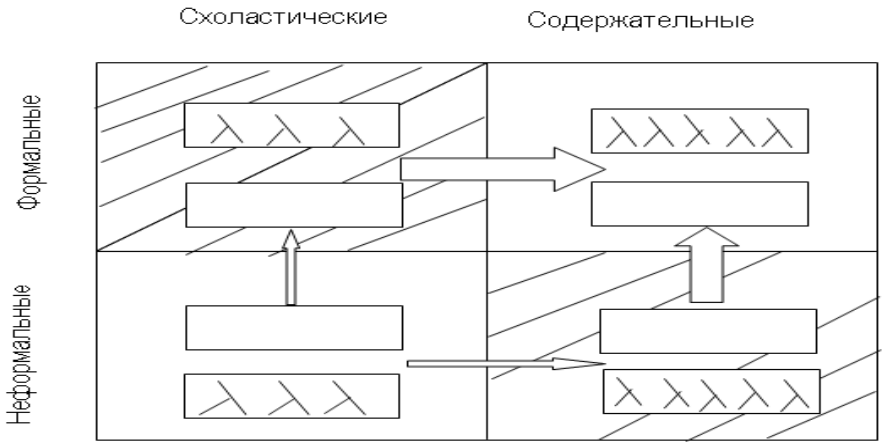


Рис. 1. Основания разделения формализованного и содержательного знания

Заключение

Таким образом, мы показали, что экспликация большого числа деревьев принятия решений (например, методами машинного обучения) создает предпосылки для принятия по-экспертному содержательных, но в то же время строгих, маломанипулируемых, выверенных, тщательно «измеренных» решений, логика которых может быть обоснована и представлена в явном виде. Для небольших хозяйствующих субъектов следование принципу содержательно-формального управления может и не окупиться (для них вполне подойдет экспертный (содержательный) подход), а для крупномасштабных систем внедрение такого принципа, на наш взгляд, необходимо.

Литература

1. *Новая философская энциклопедия*. 2010. Схоластика [Электронный ресурс, дата обращения 25.01.2019]. – Режим доступа:
https://iphlib.ru/greenstone3/library/collection/newphilenc/document/HASHd77bb8e881b4426890ced7.
2. *Пелипенко А.А.* Постижение культуры. Ч. 1. Культура и смысл. – М.: РОССПЭН, 2012. – 607 с.
3. *Parameter tuning* [Электронный ресурс, дата обращения 23.06.2019]. – Режим доступа:https://catboost.ai/docs/concepts/parameter-tuning.html
4. *Сафронов А.* Как найти лучшие ответы. [Электронный ресурс, дата обращения 20.06.2019]. – Режим доступа: https://youtu.be/oBVdFTRidg8?t=11m14s

5. *Дорогуш А.В.* Машинное обучение в Поиске: инфраструктура и алгоритмы. [Электронный ресурс, дата обращения 20.06.2019]. – Режим доступа: https://youtu.be/g-bPnhKU0P8?t=736
6. *Академия Яндекса.* Машинное обучение в Поиске: инфраструктура и алгоритмы (ответы на вопросы). [Электронный ресурс, дата обращения 20.06.2019]. – Режим доступа: https://youtu.be/g-bPnhKU0P8?t=1606.

ОБНАРУЖЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ДУБЛИКАТОВ ТЕКСТОВ В БОЛЬШИХ МАССИВАХ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СИГНАТУР СОДЕРЖАНИЯ

Шарапова Е.В., Шарапов Р.В.

Владимирский государственный университет, Россия, г. Муром, ул. Орловская д.23
mivlgu@mail.ru, info@vanta.ru

Аннотация: В работе рассматриваются вопросы применения сигнатур содержания для обнаружения похожих документов в больших массивах информации. Суть сигнатурных методов сводится к представлению документа неким кодом, позволяющим с высокой степенью вероятности выявить одинаковые документы.

Ключевые слова: нечеткий дубликат, сигнатура, текст, содержание.

Введение

Нечеткие дубликаты представляют собой тексты, подвергшиеся некоторой корректировке и видоизменению, но сохранившие смысловое сходство с оригиналами [1].

Существует большой круг задач, требующих обнаружения текстов с похожим содержанием. Системы поиска плагиата активно используются в издательствах и учебных учреждениях. Системы проверки уникальности текстов используются при заказе услуг копирайтеров. Новостные агрегаторы определяют похожие новости, группируют их в единые цепочки и удаляют дубли. Системы борьбы с почтовым спамом отслеживают появление большого количества электронных писем со схожим содержанием. По этой причине задача обнаружения текстов, значительно похожих друг на друга (нечетких дубликатов) является достаточно актуальной.

Интерес представляет использование подходов, позволяющих осуществлять поиск подобных документов с минимальным числом операций сравнения. Этого можно достичь путем использования различного рода сигнатур, описывающих содержание документа в виде одного или группы чисел.

1 Сигнатуры содержания

Суть сигнатурных методов сводится к представлению документа неким кодом (хэш-функцией, числом, контрольной суммой), позволяющим с высокой степенью вероятности выявить одинаковые (или практически одинаковые) документы. Фактически, сравнение документов сводится к сравнению нескольких чисел – сигнатур документов. Это существенно сокращает потребности памяти и вычислительные затраты. Отличительная особенность сигнатур – это возможность подсчета их в любое время, в том числе заранее, а не в момент проверки.

Сигнатуры могут строиться по различным принципам. Чаще всего за основы берется содержание документа (отдельные слова или взаимосвязанные цепочки слов). Можно выделить следующие сигнатуры [2]:

1) контрольная сумма документа (CRC, MD5),
2) сигнатуры, вычисленные по набору наиболее частотных слов (на основе формул TF, TF*IDF, TF*RIDF);
3) сигнатуры на основе самых длинных или значимых предложений;
4) сигнатуры, рассчитанные на основе I-Match функции;
5) сигнатуры, базирующиеся на методе шинглов и его модификациях (мегашинглы, супершинглы);
6) сигнатуры, построенные на основе словаря опорных слов;
7) сигнатура Рабина для подсчета нечетких контрольных сумм документов;
   сигнатура Winnowing для получения «отпечатков пальцев» документов и т.д.

В связи с тем, что большинство сигнатур описывает содержание документов, то изменение текста может существенно снизить возможность их использования, так как вероятность того, что изменения повлияют на значение сигнатуры – достаточно велика. По этой причине, для обнаружения нечетких дубликатов, лучше всего подходят составные и нечеткие сигнатуры, позволяющие определить схожие документы по частичному совпадению значений сигнатур.

В ходе экспериментов был предложен следующий метод. По аналогии с [3] из всего словаря, построенного по коллекции, выбираются несколько тысяч слов, наиболее качественно описывающих документы. Для каждого документа высчитывается бинарный вектор, длина которого равна количеству опорных слов. Для каждого опорного слова подсчитывается значение TF. В случае, если значение превышает некоторый порог, в соответствующую позицию вектора записывается 1, в противном случае 0. Сигнатура документа представляет собой указанный бинарный вектор.

В качестве меры схожести может быть использовано количество совпадающих ненулевых значений в векторах документов, соотнесенное к общему количеству ненулевых элементов в этих векторах. Мера близости двух документов может быть представлена в следующем виде:

$$w(d_1, d_2) = 2\frac{\left|\{t_i^1 \in d_1, t_i^2 \in d_2 \,|\, t_i^1 = 1, t_i^2 = 1\}\right|}{\left|\{t_i^1 \in d_1 \,|\, t_i^1 = 1\}\right| + \left|\{t_i^2 \in d_2 \,|\, t_i^2 = 1\}\right|}. \quad (1)$$

где d_1, d_2 – бинарные векторы для документов 1 и 2, t_i^1, t_i^2 – значение i-го элемента бинарного вектора для документов 1 и 2 соответственно.

Чем ближе значение меры близости $w(d_1, d_2)$ к единице, тем больше документы похоже друг на друга.

2 Результаты исследования

Для проведения тестирования были собраны базы рефератов из нескольких источников:

1) Коллекция 15000 Рефератов – 18587 документов;
2) Сайт studentbank.ru – 71193 документов;
3) Сайт bestreferat.ru – 360534 документов.

Итого 450314 документов с общим размером текстовой части 30 Гб. Размер файла сигнатур на основе словаря опорных слов составил 225 Мбайт. Файлы сигнатур, вычисленных по набору наиболее частотных слов, самых длинных и значимых предложений имеют размер по 3 Мбайта каждый.

Для оценки качества работы использовались следующие метрики: полнота, точность, F-мера.

Для тестирования метода было выполнено два прогона с различными значениями порогового значения меры сходства. Для обнаружения полных дубликатов использовалось пороговое значение 0.95, для нечетких дубликатов со значительными изменениями 0.5. С обнаружением полных дубликатов справились все сигнатуры. Результаты обнаружения нечетких дубликатов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты тестирования для нечетких дубликатов

Сигнатура	**Полнота**	**Точность**	**F-мера**
CRC	0,11	1	0,19
TF	0,74	0,78	0,76
TF*IDF	0,70	0,82	0,75
TF*RDF	0,71	0,84	0,77
Самые длинные предложения	0,69	0,79	0,74
Самые значимые предложения	0,63	0,81	0,70
Словарь опорных слов	0,86	0,72	0,78

Эффективное обнаружение идентичных по содержанию документы возможно путем использования практически любых сигнатур. Сложности возникают при поиске частично похожих документов. Различные сигнатуры позволяют либо добиться высокой точности поиска, либо высокой полноты. Так, сигнатура контрольной суммы документа обеспечивает точность 1 при полноте всего в 0,11.

Сигнатуры, вычисленные по набору наиболее частотных слов (TF, TF*IDF, TF*RIDF) дают достаточно сбалансированное соотношение полноты и точности поиска. Лучше всего показала себя сигнатура, построенная на основе комбинации частоты слов TF и остаточной обратной частоты документов RIDF. При точности 0,84 она обеспечивает полноту в 0,71. Недостатком указанной группы сигнатур является ограниченное число учитываемых слов (чаще всего 6 слов). Это приводит к тому, что документы, посвященные одной тематике, могут иметь одинаковые сигнатуры и ошибочно признаваться нечеткими дубликатами. Кроме того, даже незначительные изменения

документов могут привести к перестановке в сигнатуре слов с близким расположением частот, что приведет к ошибочному признанию документов различными.

Сигнатуры, основанные на цепочках самых длинных или наиболее значимых предложений (с точки зрения веса входящих в них слов по формуле TD*IDF) показывают неплохую точность, но при изменениях и компиляциях текстов часто не позволяют обнаруживать похожие документы.

Сигнатура, построенная на основе словаря опорных слов, показала наиболее сбалансированное значение полноты и точности (о чем свидетельствует наибольшее значение F-меры). По своей сущности она похожа на сигнатуры наиболее частотных слов, но при этом рассматривается существенно больший набор из нескольких тысяч слов. Этим достигается исключение влияния изменения частот на качество обнаружения дубликатов.

Заключение

Использование таких популярных методов, как n-граммы и шинглы для больших объемов данных приводит к значительным вычислительным затратам. Так, число операций сравнения для двух документов в тысячу слов будет исчисляться миллионами. В связи с тем, что современные коллекции содержат в себе сотни тысяч, а иногда миллионы документов, число операций сравнения одного документа с текстовой коллекцией будет исчисляться триллионами операций! Это слишком много для того, чтобы обеспечить высокое быстродействие. Несмотря на то, что существуют подходы, позволяющие сократить число операций сравнения на несколько, время сравнения все равно остается слишком большим.

С этой точки зрения, сигнатуры содержания обеспечивают значительно лучшую производительность. Например, для текстовой коллекции в 1 Тбайт, размер большинства сигнатур составит около 100 Мбайт, на обработку которых уйдет менее 1 секунды. Размер файла сигнатуры, построенной на основе словаря опорных слов, в таком случае составит около 7 Гбайт. При современном развитии компьютерной техники такой объем можно разместить в оперативной памяти, что позволит существенно повысить скорость поиска по сигнатуре.

Таким образом, для больших объемов данных, использование сигнатур содержания является основным средством быстрого поиска нечетких дубликатов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00692.

Литература

1. Sharapova E.V., Sharapov R.V. The problem of fuzzy duplicate detection of large texts // Proceedings of the International Conference Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science. Samara, Russia, 24-27 April, 2018. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 2212, pp. 270-277.

2. Зеленков Ю. Г., Сегалович И.В. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для Web–документов // Тр. 9-й Всеросс. научной конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». – Переславль-Залесский: Изд-во ИПС РАН, 2007. – С. 166-174.

3. Ilyinsky S., Kuzmin M., Melkov A., Segalovich I. An efficient method to detect duplicates of Web documents with the use of inverted index // Proc. of the 11th International World Wide Web Conference, WWW 2002, Honolulu, Hawaii, USA, ACM, New York.

СЕКЦИЯ 14: МОНИТОРИНГ В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫЕ СИСТЕМЫ НА ПЛАСТИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СО ВСТРОЕННОЙ ПАМЯТЬЮ

Алюшин А.В.[1], Архангельский В.Г.[2], Алюшин С.А.[3]

[1]*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,*
Россия, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31
avalyushin@mail.ru,

[2]*Федеральное государственное автономное научное учреждение ЦИТиС,*
Россия, г. Москва, Пресненский Вал, д. 19, стр. 1
citis@arkhang.ru,

[3]*ООО «Глоубайт консалтинг», Россия, г. Москва*
Нижний Сусальный пер., д.5, стр. 19
sergeyalyushin@gmail.com

Аннотация: Проведен анализ направлений развития крупномасштабных систем обработки информации. Показано, что реализация всех совокупных потенциальных возможностей перспективных архитектурных решений основывается на новых технологических, схемотехнических и топологических базисах гибридных технологий совмещения аналого-цифровых элементов со встроенной памятью и стандартных схем CMOS.

Ключевые слова: реконфигурируемые системы, мемристивные элементы, масштабирование.

Введение

Основными направлениями развития крупномасштабных реконфигурируемых систем обработки информации (КРСОИ) являются:

- репликация вычислительных ядер и структур нижнего уровня иерархии для создания однородных и неоднородных крупномасштабных вычислительных сред [1, 2];
- повышение уровня пространственной интеграции структуры хранения данных и структуры обработки данных, уровня функциональности локальной обработки данных [3];
- интеллектуализация обработки данных, отражение свойств биологических нейронных сетей в архитектуре искусственных когнитивных систем [4];
- реализация свойств реконфигурируемости, адаптивности, пластичности структуры [1];
- реализация свойств самоорганизации и кластеризации [5];
- рациональное совмещение аналоговой и цифровой форм представления информации [4 - 6].

Реализации всех совокупных потенциальных возможностей указанных выше тенденций развития высокопроизводительной техники с перспективными архитектурными решениями систем обработки больших массивов информации требует либо быстрого перехода, либо привлечения и совмещения в виде гибридных технологий (плавный переход) новых технологических, схемотехнических и топологических базисов, особенно на нижнем уровне иерархии всей системы. Основными требованиями к новому технологическому базису являются: возможность реализации свойств пластичности на всех уровнях иерархии КРСОИ, высокая степень интеграции и малая потребляемая мощность, простота перехода на различные формы представления данных, функционально насыщенная локальная обработка информации, совмещение функций хранения и обработки данных на одной физической структуре, простота совмещения со стандартными интегральными технологиями, например, CMOS.

Данные требования справедливы для всех уровней иерархии системы, например, функциональных элементов, систем их связи и коммуникации.

1 Элементная база пластичных функциональных элементов со встроенной памятью для обработки больших объемов данных системы

1.1 Физические структуры со встроенной памятью

Перспективной элементной базой для реализации совмещенной обработки сигналов (функция хранения и обработки данных) в крупномасштабных архитектурах являются физические структуры с

мемристивными свойствами [7]. Мемристивные элементы являются пластичными структурами и сохраняют информацию в виде внутренней упорядоченной атомной или молекулярной архитектуры (пластичность на нижнем уровне иерархии системы), отражающей предшествующую историю своего функционирования в виде следа от интегрального прошедшего через них заряда или магнитного потока. Адаптивная внутренняя структура мемристивного элемента сохраняет свои физические свойства без внешних источников энергии в течение длительного времени и может быть использована для отображения сохраняемой информации, например, в виде сопротивления или проводимости элемента. Высокочувствительные мемристорные элементы с большой крутизной преобразования реализуются в микро и особенно наноразмерных топологических структурах, что важно для построения высокоинтегрированных КРСОИ с малой удельной потребляемой мощностью.

1.2 Результаты экспериментального исследования элементной базы

Теоретическое и экспериментальное исследование пластичных функциональных элементов со встроенной памятью (мемдакторов) подтвердило их расширенные функциональные возможности по функционально насыщенной локальной адаптивной обработке сигналов, переходу на различные формы представления данных, совмещению функций хранения и обработки данных на одной физической структуре. На рис. 1 представлены результаты теоретического (анализ поведения на основе САПР PSpice) и экспериментального исследования свойств пластичных функциональных элементов со встроенной памятью в качестве элемента нейроподобной системы в двухполюсном включении для двух режимов работы (τ = 16 mc, f = 10 Hz, пять значений начальных условиях переходного процесса): малого сигнала (a); большого сигнала (b) [8].

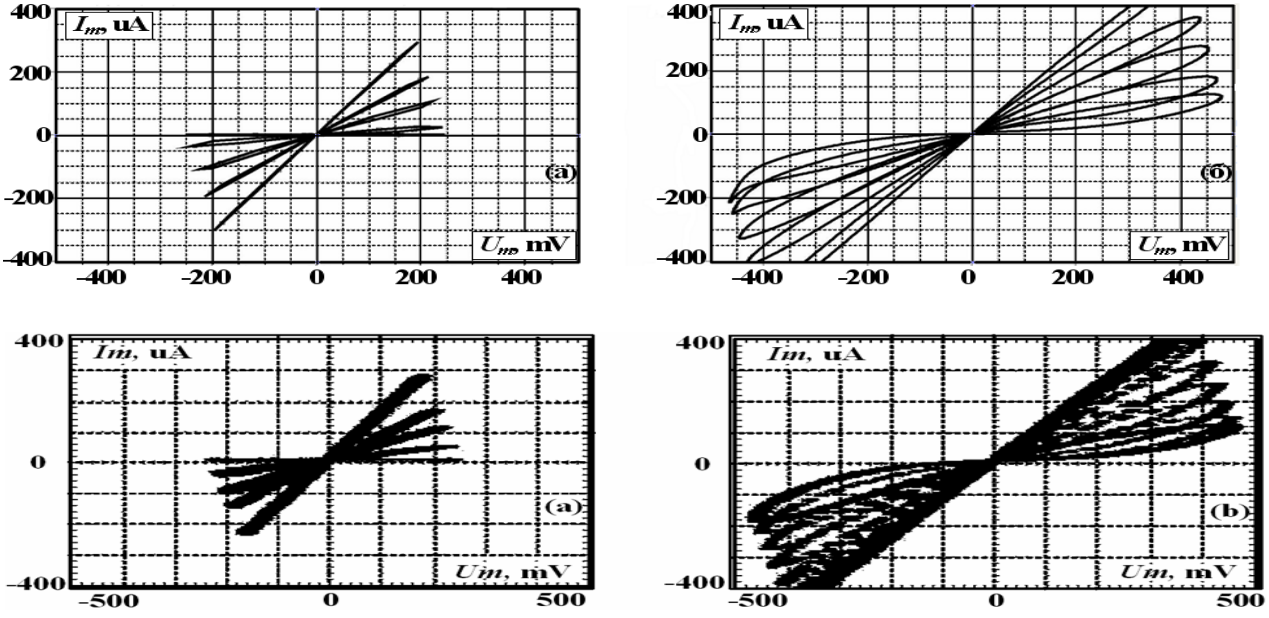


Рис. 1. Адаптивная обработка аналогового сигнала в синаптической структуре

Проведенные исследования подтвердили возможность локального совмещения функций хранения и обработки информации на одной интегральной структуре с диапазоном пластичности в 40 - 80 dB. Эквивалентный объем внутренней памяти аналого-цифрового функционального элемента составил соответственно 7 – 18 бит. Величина данного объема памяти является достаточной для реализации широкого класса линейных и нелинейных функциональных устройств как пластичных аналоговых, так и репрограммируемых цифровых и аналого-цифровых.

2 Рациональное совмещение аналоговой и цифровой форм представления информации

Гибридные технологии предоставляют разработчику распределенных КРСОИ расширенные возможности по реализации свойств пластичности на всех уровнях иерархии вычислительной системы и масштабированию последней на современном уровне развития интегральных технологий [4 - 8]: совмещение аналоговых, цифровых, многоуровневых стандартных CMOS элементов на едином интегральном носителе; реализация аналоговых, цифровых, многоуровневых функциональных элементов на мемристивных структурах, совмещение стандартных CMOS элементов с мемристивными элементами в едином технологическом процессе; совмещение

стандартных репрограммируемых аналого-цифровых CMOS систем с мемристивными аналого-цифровыми системами на едином носителе.

Экспериментальное исследование гибридной нейроподобной КРСОИ на основе репрограммируемых FPGA (Field-Programmable Gate Array) и матриц функциональных аналого-цифровых элементов со встроенной памятью подтвердило возможность реализации «интеллектуальных» свойств системы на определенном уровне масштабирования. Анализ спектра электрической активности нейроподобных КРСОИ при обработке речевой информации выявил наличие «розового» шума (см. рис. 2), что может служить подтверждением образования фрактальной структуры в процессе самоорганизации КРСОИ, реализации определенного уровня «интеллектуальности» [8 - 9].

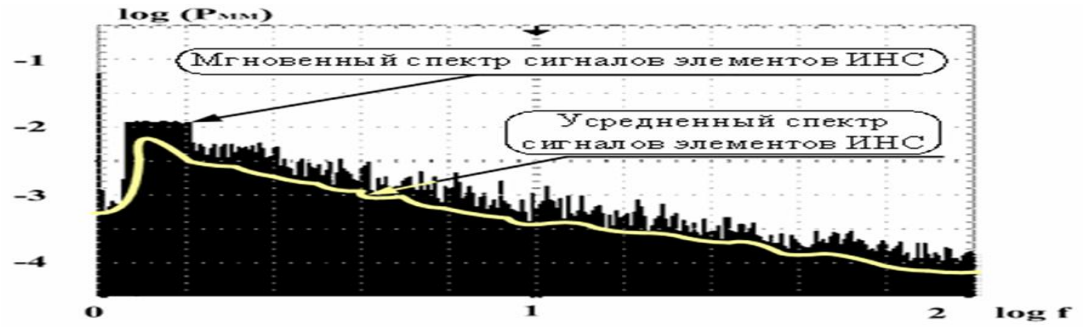


Рис. 2. Спектр сигналов электрической активности гибридной КРСОИ

Выводы

Таким образом, обоснованной тенденцией развития распределенных архитектур высокопроизводительного и интеллектуального анализа больших объемов информации для крупномасштабных применений в ближайшей перспективе являются иерархичные аналого-цифровые системы на пластичных функциональных элементах со встроенной памятью.

Литература

1. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* A scalable reconfigurable computing systems with distributed memory for the analysis of large amounts of data // Proceedings of the 2018 Eleventh Int. Conf. “Management of large-scale system development” (MLSD), 2018, Moscow, Russia, IPS RAS, - P.1-5.
2. *Alyushin A.V., Alyushin M.V., Alyushin S.A.* Electronic neural net design methodology // Proceedings of the 5th. Int. Conf. and Exhibition “Digital signal processing and its applications”, Moscow, Russia, March 12-14, 2003. - P.585-587.
3. *Alyushin A.V., Alyushin S.A., Arkhangelsky V.G.* Scalable processor core for high-speed pattern matching architecture on FPGA // Proceedings of The Third Int. Conf. on Digital Information Processing, Data Mining, and Wireless Communications (DIPDMWC2016), Higher School of Economics (National Research University), Moscow, Russia, July 06-08, 2016. - P.148-153.
4. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* Structural and schematic methods of projecting the properties of biological neuron networks on the architecture of modern integrated neuron-like systems with analog-digital information processing // Proceedings of the 2019 IEEE Conf. of Russian young researchers in electrical and electronic engineering (ElConRus), Jan. 28-31, 2019, to be published.
5. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* Self-organization in the development of scalable, “intellectual” structures on the basis of analog-digital nets of pulsed neurons for processing large amounts of information // Proceedings of the 2018 Eleventh Int. Conf. “Management of large-scale system development” (MLSD), 2018, Moscow, Russia, IPS RAS, - P.1-4.
6. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* The projection of the biological neurons networks properties onto the integrated neuron-like systems architecture with analog-digital signal processing // Proceedings of 21h Int. Conf. Digital signal processing (DSPA – 2019), Moscow, Russia, March 27 – 29, IPS RAS, Vol. 3-4, - P.560-565.
7. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* Memristive element functional model for the analysis and hardware emulation of highly integrated neural signal processing systems //Proceedings of 21h Int. Conf. Digital signal processing (DSPA – 2019), Moscow, Russia, March 27 – 29, IPS RAS, Vol. 3-4, -P.418-423.
8. *Alyushin A.V., Alyushin S.A., Arkhangelsky V.G.* Electrical activity signal spectrum of the artificial neural net on the base of pulsed neurons and memristors // Proceedings of the IEEE Conf. of Russian young researchers in electronic engineering (ElConRus2018), Moscow, Russia, January 29-31, Part 2. 2018. - P.1856-1862.
9. *Alyushin A.V., Alyushin S.A., Arkhangelsky V.G.* Development and analysis of analog-digital neural net for speech stress detection // Proceedings of the IEEE Conf. of Russian young researchers in electronic engineering (ElConRus2018), Moscow, Russia, January 29-31, Part 2. 2018. - P.1817-1822.

ПЛАСТИЧНЫЕ ФРАКТАЛЬНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ НА ОСНОВЕ МЕМРИСТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Алюшин А.В.,[1] Архангельский В.Г.,[2] Алюшин С.А.[3]

[1]*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия, г. Москва Каширское шоссе, д. 31*
avalyushin@mail.ru,

[2]*Федеральное государственное автономное научное учреждение ЦИТиС, Россия, г. Москва, Пресненский Вал, д. 19, стр. 1*
citis@arkhang.ru,

[3]*ООО «Глоубайт консалтинг», Россия, г. Москва, Нижний Сусальный пер., д.5, стр. 19*
sergeyalyushin@gmail.com

Аннотация: Рассмотрен фрактальный подход к описанию нейрона, в соответствии с которым его внутреннюю архитектуру следует анализировать как повторяющуюся сетевую структуру функциональных устройств на различных уровнях детализации. Предложена концепция импульсного нейрона с фрактальной мемристивной структурой.

Ключевые слова: искусственные нейроподобные системы, мемристор, фракталы.

Введение

Используемый интегральный макро-уровень абстракции в классических коннективистских моделях импульсной нейронной сети обусловлен как уровнем знаний о функционировании биологической нейронной сети, так и уровнем развития микроэлектронных средств ее эмуляции [1].

В данной работе предлагается использовать фрактальный подход к описанию свойств нейросети и ее элементов, в соответствии с которым нейрон представляет из себя значительно более сложной функциональное устройство с собственной иерархической внутренней структурой, масштабность которой определяется степенью детализации в описании его физико-химических и биологических свойств. На каждом уровне детализации в описании свойств внутренней структуры нейрона можно выделить соответствующие функциональные устройства – фрактальные функциональные устройства (ФФУ) и определенную архитектуру их взаимодействия.

1 Современное развитие крупномасштабных мемристивные систем на основе функциональных элементов

Гибридные технологии совмещения мемристивных элементов со стандартными аналого-цифровыми CMOS схемами предоставляют разработчикам искусственных электронных нейросетей новые возможности по аппаратной реализации [2 - 4] пластичных фрактальных нейросистем, новых уровней функциональной обработки данных внутри отдельного нейрона. При этом для эффективного управления развитием крупномасштабных фрактальных нейроподобных систем необходима разработка как эффективных моделей ФФУ на различных уровнях детализации в описании свойств нейрона, так и соответствующих архитектурных решений сети ФФУ.

2 Нейрон с фрактальной мемристивной структурой

Дендритные окончания способны сами генерировать электрические импульсы – локальные потенциалы действия. Функциональное нелинейное преобразование и обработка данных на основе нелинейных потенциал зависимых ионных каналов осуществляется не только в триггерной зоне аксона и в самом аксоне, но и в других частях клетки нейрона, например в дендритах. При этом разнообразие функциональной обработки основывается на разнообразных механизмах ионной проводимости мембраны дендритов, являются основой функционально насыщенной пространственно-временной обработки потоков входной сигнальной информации от синаптических связей. Основными требованиями к ФФУ при таком подходе могут быть: гетерогенный состав каналов в ФФУ; достаточно широкий диапазон адаптации; наличие свойств локальной памяти и селективная пластичность новых ФФУ.

3 Архитектура нейронной сети на основе ФФУ

Предельным случаем является полностью связанная с соответствующими дендритными слоями соседних нейронов сеть ФФУ. Горизонтальные многоуровневые дендритные связи в группе соседних нейронов расширяют функциональные возможности рассматриваемой архитектуры по распознаванию входных последовательностей данных, предсказанию, корреляционного анализа и адаптивной обработки данных в сети фрактальных нейронов.

4 Импульсный нейрон с фрактальной мемристивной структурой

Ионные каналы мембраны нейрона и, соответственно, ФФУ на их основе являются мемристивными функциональными устройствами с поведением типа $Y = g(X, \chi, t)X$, $d\chi/dt = f(X, \chi, t)$,

где X и Y – соответственно входной и выходной сигнал, χ – переменная внутреннего состояния, f – непрерывная n-мерная функция, n – количество внутренних состояний, g – непрерывная скалярная функция [4]. Импульсный нейрон с фрактальной мемристивной структурой характеризуется

аналогичными закономерностями на всех уровнях описания его внутренней структуры.

5 Сравнительный анализ модели ФФУ на основе ионных каналов и модели мемристора

Результаты сравнения функционального поведения одиночного ионнного канала (K) (Hodgkin-Huxley [5]) с моделью 1C1R1MOS функциональной моделью мемристора [6-8] представлены на рис.1. Аналогичное сравнение было выполнено и для других типов ионных каналов и их популяций в ФФУ.

Сравнительный анализ показывает высокую степень идентичности в функциональном поведении ионных каналов и соответствующих электронных мемристивных элементов, в частности:

- одинаковую частотную селективность в диапазоне частот 10 – 1000 Гц;
- сравнимый диапазон пластичности за счет соответствующего изменения значения переменной внутреннего состояния;
- наличие локальной памяти сравнимого объема, определяемого одинаковым динамическим диапазоном изменения величины переменной внутреннего состояния.

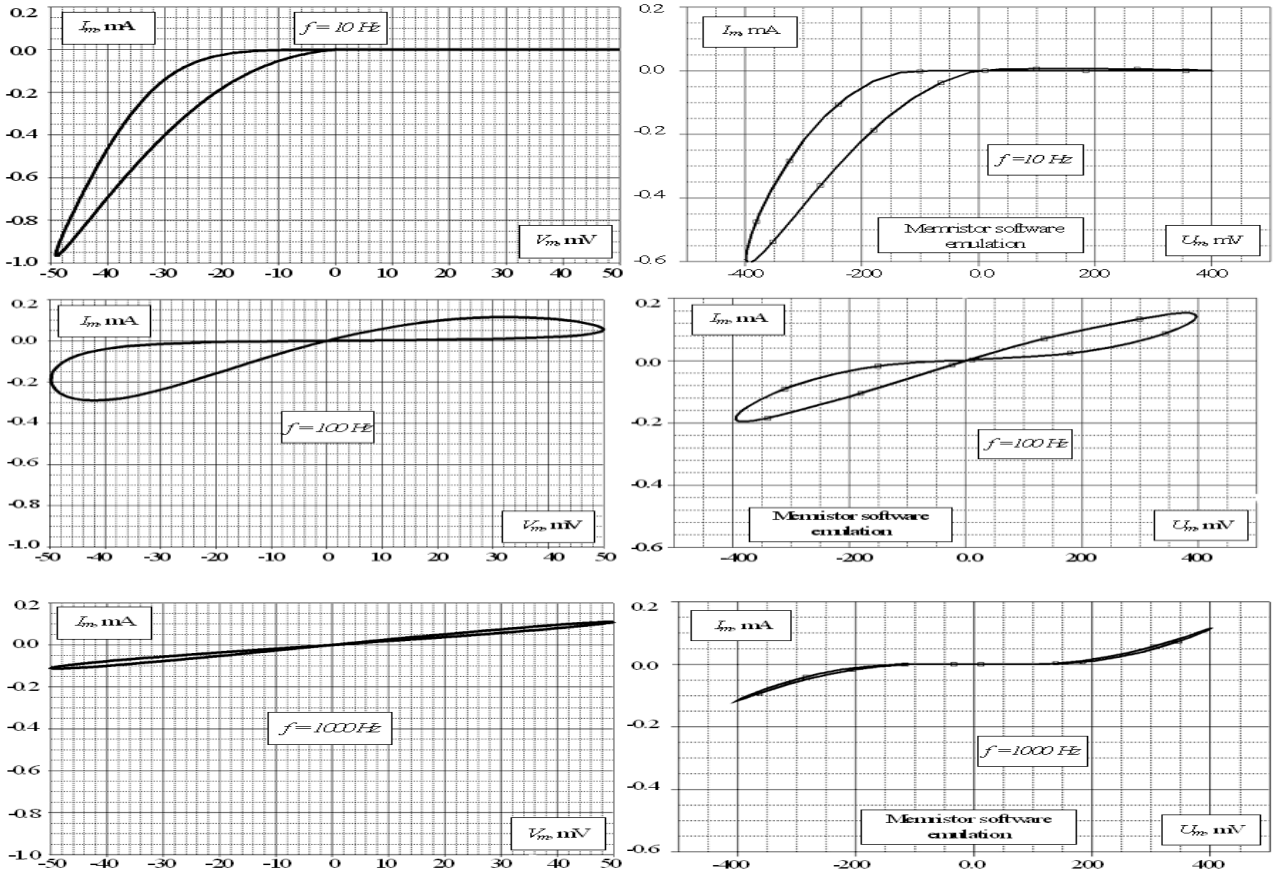


Рис. 1. Результаты моделирования отклика ионного канала (слева) и мемристивного элемента (справа) для синусоидального воздействия с частотой f =10, 100, 1000 Hz

Экспериментальное исследование мемристивных 1C1R1MOS ФФУ подтвердило эффективность их применения для твердотельной эмуляции пластичных фрактальных архитектур и их функциональную эквивалентность соответствующим биологическим аналогам (см. рис. 2) [9 – 11].

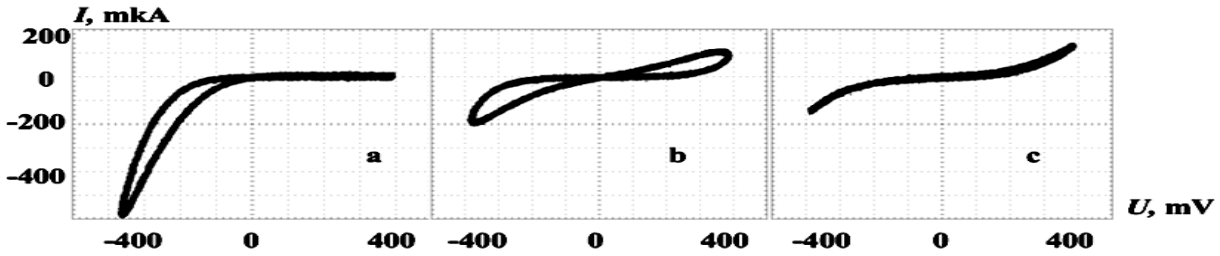


Рис. 2. Экспериментальные характеристики пластичного твердотельного мемристивного элемента в частотной области (a – 10 Hz, b – 100 Hz, c - 1000 Hz)

Выводы

Фрактальный нейрон с пространственно распределенной параллельной потоковой обработкой данных на основе мемристивных элементов, сеть искусственных фрактальных нейронов с массово параллельной многопоточной коррелированной обработкой данных являются перспективной элементной базой для интеллектуального анализа и обработки больших объемов информации в крупномасштабных применениях.

Литература

1. *Alyushin A.V., Alyushin M.V., Alyushin S.A.* Electronic neural net design methodology // Proceedings of the 5th. Int. Conf. and Exhibition “Digital signal processing and its applications”, Moscow, Russia, March 12-14, 2003. - P.585-587.

2. *Alyushin A.V., Alyushin M.V., Alyushin S.A.* The net of pulsed neurons with the delay on the basis of the analog-digital field programmable integrated circuit // Proceedings of the 5th. Int. Conf. and Exhibition “Digital signal processing and its applications”, Moscow, Russia, March 12-14, 2003. - P.582-585.

3. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* Self-organization in the development of scalable, “intellectual” structures on the basis of analog-digital nets of pulsed neurons for processing large amounts of information // Proceedings of the 2018 Eleventh Int. Conf. “Management of large-scale system development” (MLSD), 2018, Moscow, Russia, IPS RAS, - P.1-4.

4. *Chua L.O., Kang S.M.* Memristive devices and systems // Proc. IEEE 64(2), 1976, - P.209-223.

5. *Hodgkin A.L., Huxley A.F. A* quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve // J. Physiol. 1952, 117, - P.500-544.

6. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* Memristive element functional model for the analysis and hardware emulation of highly integrated neural signal processing systems //Proceedings of 21h Int. Conf. Digital signal processing (DSPA – 2019), Moscow, Russia, March 27 – 29, IPS RAS, Vol. 3-4, -P.418-423.

7. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* Functional model of Memristive element for computer based analysis and hardware emulation of adaptive networks of pulsed neurons // Proceedings of the 2019 IEEE Conf. of Russian young researchers in electrical and electronic engineering (ElConRus), Jan. 28-31, 2019, to be published.

8. *Arkhangelsky V.G., Alyushin A.V., Alyushin S.A.* Scalable reconfigurable Memristive synaptic structures as the basis of the mechanisms of plasticity in the developing and self-organizing networks of artificial pulsed neurons // Proceedings of the 2019 IEEE Conf. of Russian young researchers in electrical and electronic engineering (ElConRus), Jan. 28-31, 2019, to be published.

9. *Alyushin A.V., Alyushin S.A., Arkhangelsky V.G.* Electrical activity signal spectrum of the artificial neural net on the base of pulsed neurons and memristors // Proceedings of the IEEE Conf. of Russian young researchers in electronic engineering (ElConRus2018), Moscow, Russia, January 29-31, Part 2. 2018. - P.1856-1862.

10. *Alyushin A.V., Alyushin S.A., Arkhangelsky V.G.* Development and analysis of analog-digital neural net for speech stress detection // Proceedings of the IEEE Conf. of Russian young researchers in electronic engineering (ElConRus2018), Moscow, Russia, January 29-31, Part 2. 2018. - P.1817-1822.

11. *Alyushin A.V., Arkhangelsky V.G., Alyushin S.A.* Structural and schematic methods of projecting the properties of biological neuron networks on the architecture of modern integrated neuron-like systems with analog-digital information processing // Proceedings of the 2019 IEEE Conf. of Russian young researchers in electrical and electronic engineering (ElConRus), Jan. 28-31, 2019, to be published.

МОНИТОРИНГ ТРЕНДА ЦЕНЫ НА НЕФТЬ

Антипов В.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
valeriantipov27@yandex/ru

Аннотация: Проблема определения «исторического» тренда цены нефти пока не решена в силу своей многоаспектности. У различных потребителей прогноза различные требования к нему. Поэтому автор решил выясняя, что сначала влияет на цены, которые потом искажаются ещё и другими обстоятельствами. Как выяснилось, главный фактор – это цена золота.

Ключевые слова: динамика цен нефти марки БРЕНТ, динамика цен золота, факторы влияния, исторический тренд..

Прогноз цены нефти – любимое занятие журналистов и головная боль трейдеров и менеджеров, принимающих решения, зависящие от цены нефти. «Технический анализ», безусловно, мощный инструмент предсказания на краткосрочную перспективу, но охватить всю совокупность факторов он не может. В этой связи (понимая, что нельзя объять необъятное) предлагается бросить беглый взгляд в «историческую ретроспективу» и рассмотреть динамику цен нефти в диапазоне 1960 – 2018 гг.

На рис.1 приведен график цен барреля нефти БРЕНТ в долларах [1,2].

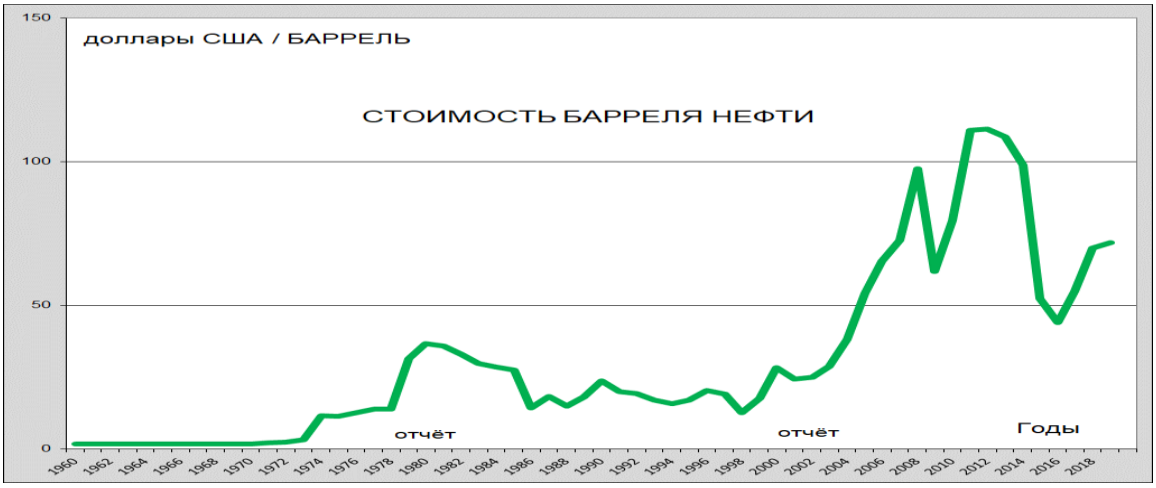


Рис.1. Динамика цен барреля нефти БРЕТ в долларах в диапазоне 1960-2018гг.

Диапазон колебаний цен от 1,8 долларов до 111,4. При этом просматриваются два явных «всплеска» на интервалах 1974-1986 гг. и 2004-2014 гг. и две «полочки» на интервалах 1960-1973 гг. и 1987-2003 гг. Коэффициент амплитуды (отношение максимального значения цены к минимальному) равен примерно 61,9. Традиционное объяснение данных событий в рамках категорий «спрос – предложение» вызовет лавину вопросов, которые останутся без ответа. Поэтому мы пойдём другим путём и рассмотрим динамику цены золота.

На рис.2 приведен график цен унции золота в долларах [3].Диапазон колебаний цен от 35,09 долларов до 1669,0 (средние за год значения цен). Аналогично просматриваются два явных «всплеска» на интервалах 1974-1986 гг. и 2004-2014 гг. и две «полочки» на интервалах 1960-1973 гг. и 1987-2003 гг. Коэффициент амплитуды (отношение максимального значения цены к минимальному) равен примерно 47,6. Традиционное объяснение данных событий в рамках категорий «спрос – предложение» тоже вызовет лавину вопросов, которые останутся без ответа. Поэтому мы поделим цены барреля нефти на цены унции золота и получим график цен барреля нефти в унциях золота.

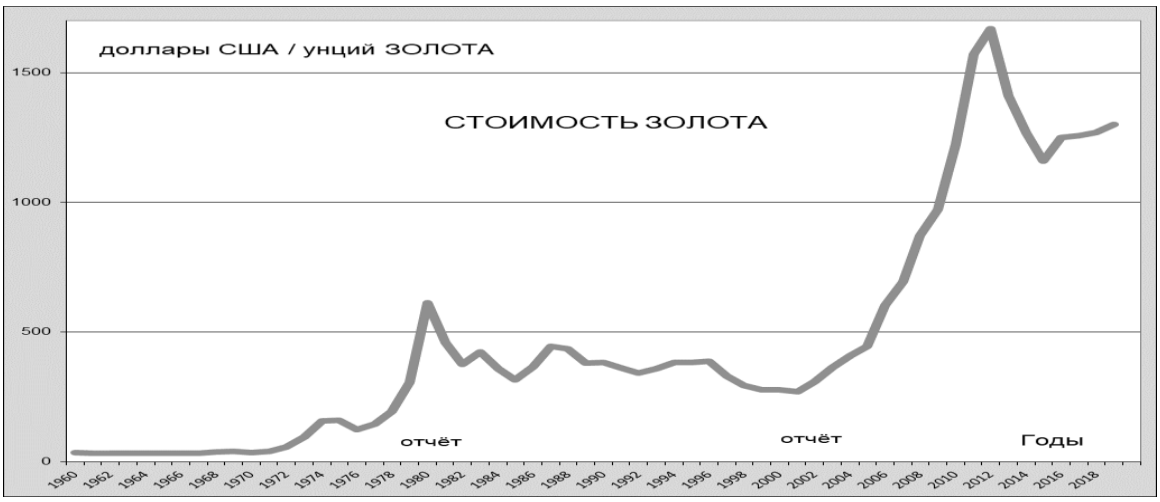


Рис.2. Динамика цен унции золота в долларах в диапазоне 1960-2018гг.

На рис.3 приведен график цен барреля нефти в унциях золота.

Диапазон колебаний цен от 0,041 унции до 0,122 (средние за год значения цен). Аналогично просматриваются два явных «всплеска» на интервалах 1974-1986 гг. и 2004-2014 гг. и две «полочки» на интервалах 1960-1973 гг. и 1987-2003 гг. Коэффициент амплитуды (отношение максимального значения цены к минимальному) равен примерно 3. Вот здесь уже уместно использовать традиционное объяснение событий в категориях «спрос – предложение», поскольку цены барреля не «замутнены» неконтролируемой эмиссией доллара. Теперь рассмотрим факторы повышения цен на интервалах 1974-1986 гг. и 2004-2014 гг.



Рис.3. Динамика цен барреля нефти в унциях золота в диапазоне 1960-2018гг.

В 1973 году начался очередной военный конфликт между Израилем и арабскими странами. Западные государства поддержали Израиль, из-за чего арабы сразу прекратили поставки нефти. В результате этого выиграл Советский Союз - он стал единственным крупным поставщиком нефти в Европу. Западноевропейские страны в конфликте недвусмысленно поддержали молодое еврейское государство. Этим они сразу настроили против себя арабских поставщиков энергоресурсов, которые на тот момент ввозили две трети всей потребляемой в Европе нефти. Реакция арабов была незамедлительной. Хотите поддержать Израиль? Тогда оставайтесь без нефти. Уже на второй день войны были свернуты все переговоры по поставкам, король Саудовской Аравии официально заявил о прекращении ввоза нефти в США и Европу. К этому решению присоединились и другие арабские импортеры нефти. В итоге за неделю стоимость "чёрного золота" подскочила почти в два раза. На европейских заправках моментально появились огромные очереди, некоторые государства даже вводили ограничения на потребление топлива владельцами личных автомобилей. Но все прекрасно понимали, что такие меры могут только временно решить проблему. Без нефтепродуктов экономика западных государств в очень короткий срок пришла бы в упадок. Поэтому Европа принялась отчаянно искать выход. Руководство СССР мгновенно оценило все выгоды сложившейся ситуации. К

этому моменту в Восточную Европу уже были проложены трубопроводы. Протянуть их до стран Запада было не слишком сложно, а окупаемость этого проекта - очевидна. В самые короткие сроки Советский союз стал практически монополистом по нефтяным поставкам в Европу. В бюджет ежегодно начало поступать до 200 млрд долларов ежегодно. Руководство страны решило использовать эти деньги на повышение благосостояния народа. В больших масштабах начали строиться жилые дома, школы, детские сады. Выросли объемы закупок товаров народного потребления, в основном в странах социалистического лагеря. Война Судного дня привела к падению поставок стран ОПЕК примерно на 5 млн баррелей в сутки на протяжении нескольких месяцев в 1973 году, что составляло около 9% от мирового потребления. В итоге цены возросли с $3 до $12. Иранская революция и последующая война с Ираком привели к тому, что совокупная среднегодовая добыча в этих двух странах сократилась к 1981 году более чем на 4,5 млн баррелей в сутки. Цены на нефть более чем удвоились с $14 до $36. На цену того периода все еще оказывал воздействие баланс спроса и предложения. Причиной столь стремительного взлета нефтяных котировок являлось сокращение поставок. Замедление темпов развития стран Запада, в том числе по причине дорогого сырья, рост добычи нефти за пределами ОПЕК, меры развитых стран по снижению потребления нефти привели к падению нефтяных котировок и наступлению нового периода относительной стабильности цен. С 1987 по 1997 годы цена на нефть держалась на уровне $15— -20. К началу XXI века рынок трансформировался с «рынка продавца» в «рынок покупателя». Взамен долгосрочным контрактам пришли поставки спотовых рынков, на которых цены снижались из-за падения спроса, в отличие от отпускных цен ОПЕК. Страны ОПЕК были вынуждены сокращать долю поставок по долгосрочным контрактам. В дальнейшем изменение спроса и предложения не оказывали аналогичного долгосрочного влияния на цены на нефть. [4].

В 1999 году был отменен Закон Гласса-Стиголла (1933), который ограничивал спекулятивные операции банков, произошел приток на рынок игроков, прямо не связанных с нефтяным бизнесом, - банков, страховых и пенсионных фондов. Цена на нефть начала определяться не реальным балансом спроса и предложения, а ее ценностью как финансового актива. В итоге, цена на нефть стала тесно коррелировать со многими финансовыми показателями, к примеру, курсом доллара и фондовыми индексами. Расчеты ГУ ИЭС показали, что изменение цены на нефть марки Brent на $1/барр приводит к изменению доходов консолидированного бюджета на $1,9 млрд В таких условиях проблема высокой волатильности мировых цен на нефть является угрозой для стабильности и экономического развития всей страны «Нефтегазовая Вертикаль», #15-16/2011 ущерб нефтедобыче, тут же откликается взлетом котировок. Данные по совокупным мировым свободным мощностям по ряду объективных причин нельзя собрать и использовать с высокой степенью достоверности. Основное внимание уделяется свободным мощностям стран ОПЕК, на которые приходится более 40% от мировой добычи нефти. С середины 2004-го по середину 2006 года низкий уровень свободных мощностей — около 1 млн баррелей в сутки — являлся основной фундаментальной причиной роста цен (см. «Взаимосвязь цен и свободных мощностей…»). Кризисное падение мирового потребления нефти вместе с незначительным снижением доли ОПЕК в мировой добыче дали основание предполагать, что в среднесрочной перспективе данный фактор ослабит свое влияние на цены. Тем не менее, в 2010 году мировое потребление нефти превысило — согласно «BP Statistical Review of World Energy» 2011 — предыдущий максимум 2007 года более чем на 1%, достигнув 87,4 млн баррелей в сутки. Участники нефтяного рынка вновь «вспомнили» о проблеме отсутствия свободных мощностей. В таких условиях политические волнения на Ближнем Востоке в начале 2011 года подняли цену на нефть более чем до $120. Взлет цен не остановили заявления ОПЕК, что срыв поставок из Ливии будет компенсирован другими членами организации. Согласно статистическим данным и самого ОПЕК, и Управления по энергетической информации США, свободных мощностей картеля достаточно, чтобы с лихвой компенсировать прекращение добычи в Ливии.

Литература

1. Статистика: История_цен_на_нефть / https://ruxpert.ru/ Статистика: История_цен_на_нефть
2. Цена нефти ро годам /http://kurs-dollar-euro.ru/cena-neft-po-godam.html
3. Цена золота /http://www.opoccuu.com/cena-zolota.htm
4. Какие страны смогли озолотиться на нефтяном бизнесе 1973 года / https://zen.yandex.ru/media/id/5c51c8333d2c3900ae95952b/kakie-strany-smogli-ozolotitsia-na-neftianom-krizise-1973-goda-5ca5ee58c2662100b313162a.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КРУПНОМАСШТАБНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ[97]

Баканов А.С[1]., Ташев Т.Д.[2], Баканова Н.Б.[3]

[1]*Институт психологии РАН, Россия, 129366 Москва, ул. Ярославская, д.13*
arsb2000@pochta.ru,

[2]*Институт информационных и коммуникационных технологии БАН, Болгария, София 1113, ул. Акад. Г.Бончев" бл.2, ИИКТ-БАН*
ttashev@iit.bas.bg,

[3]*Институт прикладной математики им. Келдыша РАН, Россия, Москва, Миусская пл., д.4,*
office@keldysh.ru

Аннотация: Увеличение количества крупномасштабных систем, обусловленное процессами глобализации, а также увеличение количества услуг, предоставляемых крупномасштабными информационными системами – все это актуализирует задачи мониторинга и анализа функционирования крупномасштабных информационных систем. В настоящей работе рассматривается использование нечетких когнитивных карт для визуализации результатов мониторинга крупномасштабных информационных систем, для различных групп пользователей.

Ключевые слова: мониторинг, моделирование, визуализация, нечеткие когнитивные карты.

Введение

Мониторинг крупномасштабных систем вообще и крупномасштабных информационных систем в частности, представляет собой важную и актуальную задачу. Использование моделей для исследования, анализа и мониторинга информационных систем является апробированным и хорошо зарекомендовавшим себя подходом.

1 Использование нечетких когнитивных карт

Трансформация корпоративных информационных систем в распределенные, крупномасштабные информационные системы, увеличение количества и качества услуг, рост количества пользователей – повышает значимость вопросов исследования, анализа и мониторинга функционирования крупномасштабных информационных систем. В настоящей работе рассматривается возможность использования нечетких когнитивных карт для моделирования, мониторинга и визуализации функционирования крупномасштабных информационных систем. Одним из отличительных элементов, характеризующим крупномасштабную информационную систему, является распределенность. Пользователи распределенных информационных систем могут находиться в разных территориально удаленных точках и взаимодействовать между собой посредством информационной системы. На процесс взаимодействия влияют характеристики информационной системы, а также то как территориально удаленные пользователи представляют себе функционал, возможности и характеристики такой системы [2, 4, 9]. Когнитивные карты используются для визуализации представления «сущность-связь». Визуализируя представления, когнитивные карты визуализируют ментальную репрезентацию индивидуума о некотором объекте. Необходимо отметить, что существует достаточное количество определений термина ментальная репрезентация, мы же будем использовать следующее определение: ментальная репрезентация - субъективный образ объективной реальности, отражение внутреннего и внешнего мира в сознании человека [5, 6]. Или применительно к данному исследованию субъективный структурированный образ пользователя информационной системы об информационной системе. В процессе проведения исследований, был выявлен ментальный образ информационной системы у разных групп пользователей. Выявленный образ имел иерархическую структуру, которую можно было оценить количественно и качественно. Структура имела вид ориентированного или направленного графа, узлы которого соответствовали функциональным модулям, а направленные дуги или ребра соответствовали связям, которые выявлялись пользователем в процессе взаимодействия с информационной системой.

Количество уровней иерархии в структуре и количество дуг, сходившихся к одному узлу характеризовали как структуру ментальной репрезентации испытуемого, так и характер (особенности) его деятельности опосредованный информационной системой. Например, если

[97] *Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00833А*

большое количество дуг сходились к одному узлу, то очевидно, что испытуемый преимущественно использует функционал именно этого модуля информационной системы.

Таким образом, визуализируя свое восприятие информационной системы, испытуемый визуализировал в виде графа и свою деятельность, опосредованную информационной системой.

2 Учет когнитивно-стилевых особенностей пользователей при мониторинге

Одной из задач исследования, являлось изучение взаимосвязей между когнитивно-стилевыми особенностями пользователей крупномасштабной информационной системой, ментальным образом информационной системы, особенностями взаимодействия различных групп пользователей посредством распределенной информационной системы и особенностями визуализации результатов мониторинга для различных групп пользователей.

По мнению ряда ученых, именно когнитивные стили в значительной степени определяют индивидуальные способы переработки информации, участвуют в процессе выбора и принятия решений, регулируют аффективные и поведенческие аспекты поведения человека [8]. Показана важная роль когнитивно-стилевых особенностей индивидуума в реализации деятельности, предполагающей самостоятельность и ответственность. При этом подчеркивается роль когнитивных стилей в качестве системообразующих (интегрирующих, узловых) факторов в процессе осуществления выбора [1, 3, 7]. В работах М.А. Холодной, И.П. Шкуратовой и др. исследователей было также показано, что при выполнении заданий по сортировке объектов "аналитики" (стиль "узкий-широкий диапазон эквивалентности" - полюс узости диапазона эквивалентности) значительно чаще опираются на явные формальные признаки объектов, тогда как "синтетики" (полюс широты диапазона эквивалентности) учитывают и дополнительные, неявные взаимозависимости между объектами [8]. Согласно результатам исследований, проведенных Т.Н. Брусенцовой, В.А. Колга и др. учеными, когнитивные стили оказывают влияние на качество и эффективность взаимодействия с информационной системой.

При визуализации результатов мониторинга информационной системы с использованием когнитивных карт важен учет когнитивно-стилевых особенностей пользователей. Поскольку когнитивно-стилевые особенности индивидуума обуславливают его восприятие объективной реальности вообще и конкретной информационной системы (как средства производства и средства взаимодействия) в частности. В процессе проведенных исследований, для выявления индивидуально-личностных особенностей пользователей были использованы специализированные психологические тесты [7, 8]. В результате проведенных исследований было выявлено, что показатели когнитивных стилей имеют множественные взаимосвязи с критериями успешности деятельности пользователей. Наибольшее число значимых взаимозависимостей наблюдается между успешностью деятельности по принятию решений и когнитивным стилем «узкий/широкий диапазон эквивалентности».

На основе анализа коэффициентов интеркорреляций данного стиля с характером выполнения тестовых заданий были даны рекомендации по визуализации результатов мониторинга (в виде когнитивных карт) для различных групп пользователей распределенной информационной системы.

Литература

1. Атанасова Т., Савченко Т., Головина Г., Баканов А. Интеллектуальная информационная среда обитания и субъективное восприятие качества жизни // Методы исследования психологических структур и их динамики: Вып. 5. - М.: Издательство “Институт психологии РАН”, 2010, стр. 164-170.

2. Баканов А.С. Аспекты интеграции систем электронного документооборота с системами поддержки принятия решений //Электросвязь № 1. 2015 с. 23-25

3. Баканов А.С., Зеленова М.Е. Когнитивно-стилевые детерминанты успешности профессиональной деятельности// Социальная психология и общество. 2015. Т.6. №2. – С. 61-75.

4. Баканова Н.Б. Использование программно-технических комплексов для повышения эффективности контроля в системах документооборота //«Электросвязь». 2007. № 6. С. 51–53.

5. Брушлинский А.В., Сергиенко Е.А. Ментальная репрезентация как системная модель в когнитивной психологии // Ментальная репрезентация: динамика и структура. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998.

6. Петровский А.Б. Многокритериальное принятие решений по противоречивым данным: подход теории мультимножеств. // Информационные технологии и вычислительные системы. 2004. №2. С. 56-66.

7. олочек В.А. Стили деятельности: ресурсный подход. –М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2015. - 366с.

8. Холодная М.А. Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. – 2-ое изд - СПб.: Питер, 2004. - 384 с.

9. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с.

10. Tashev T., Atanasova T. Computer Simulation of MIMA Algorithm for Input Buffered Crossbar Switch // International Journal "Information Technologies & Knowledge", 2011, Vol.5, No. 2, pp.183-189.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ПРОЦЕССАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СЕРВИСОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ [98]

Баканова Н.Б.

Институт прикладной математики им. Келдыша РАН
Россия, Москва, Миусская пл., д.4,
nina@keldysh.ru

Аннотация: При создании современных информационных систем рассматриваются различные возможности реализации сервисов информационной поддержки управленческой деятельности. Основной проблемой для разработки сервисов являются источники информации. В данной статье показывается возможность использования данных о взаимодействии информационных систем организационного управления для реализации сервисов поддержки принятия управленческих решений.

Ключевые слова: информационное взаимодействие, ресурсы, документационное обеспечение управления, поддержка управленческой деятельности.

Введение

Активно проходящие процессы информатизации организационных структур выдвигают новые требования к использованию информационных технологий в управленческой деятельности, диктуют новые направления развития технических и программных средств для расширения функциональных возможностей систем организационного управления [1]. Так, например, в рамках реализации современных требований появились специализированные направления информационных технологий, такие как поддержка принятия управленческих решений, мониторинг выполнения заданий, межведом ственное взаимодействие и многие другие программные направления, реализующие задачи поддержки управленческой деятельности. Перечисленные задачи значительно повысили научный интерес к исследованию управленческой деятельности, к систематизации процессов, происходящих в организации, к проблемам создания крупных информационных систем организационного управления.

Поддержка принятия управленческих решений является одной из важнейших задач организационного управления, ее реализация должна базироваться на специализированных алгоритмах, обрабатывающих множество информационных источников, включая нормативные документы, данные о результатах деятельности организации, данные об информационных процессах внутри организации и другие.

В статье рассматривается возможность использования данных о процессах взаимодействия информационных систем организационного управления для разработки сервисов поддержки принятия управленческих решений.

1 Взаимодействие информационных систем

Информационные проекты управленческих организаций реализуются в виде комплекса подсистем, направленных на выполнение оперативных задач организации. Количество и назначение подсистем зависит от конкретных задач организации и включает: электронный документооборот, планирование отраслевого развития, управление персоналом, финансово-экономическое планирование, управление научно-исследовательскими разработками, мониторинг деятельности и т.п. Функциональные задачи подсистем предусматривают работу на всех уровнях организационной иерархии и активное использование режимов информационного взаимодействия [2].

При исследовании вариантов получения данных о процессах взаимодействия информационных систем рассмотрена работа системы документооборота, которая, по своему назначению, сопровождает все процессы управленческой деятельности организации, включая:

- документационная поддержка основной организационной деятельности;
- документационная поддержка организационной деятельности внутри организации;
- взаимодействие с вышестоящими, подведомственными и другими внешними организациями;

[98] *Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00833А*

- взаимодействие внутренних подразделений организации;
- контроль исполнительской деятельности;
- формирование справок и сводок по документообороту.

Системы документооборота отражают информацию о прохождении документов, о выполнении поручений, о взаимодействии с внешними организациями, об исполнительской деятельности внутри организации.

Современный этап развития систем документооборота характеризуется созданием электронного документооборота, переходом к режимам обмена электронными документами, созданием корпоративных хранилищ данных, предоставлением гражданам возможности электронного общения с организационными структурами. Появились и активно используются системы межведомственного электронного взаимодействия различного назначения, включая межведомственный электронный документооборот (МЭДО), межведомственное электронное взаимодействие (СМЭВ), межведомственный портал «МВ-портал» и др. Электронные режимы информируют исполнителей о поступлении в их адрес документов, о прочтении адресатами направленных им документов, о подготовке резолюций и многое другое [3, 5].

В связи с этим, очевидна целесообразность использования данных о процессах взаимодействия в системах документооборота в качестве источника информации для реализации задач поддержки принятия управленческих решений.

2 Информационные ресурсы режимов взаимодействия систем документооборота

Крупные организации, реализующие функции управления промышленным производством или отраслевыми направлениями, ежегодно обрабатывают огромные потоки документов, измеряемые в десятках и сотнях тысяч единиц. Структура информационных потоков документооборота включает множество видов документов: входящие, исходящие, внутренние, распорядительные, обращения граждан, служебная переписка, обработка которых имеет свои отличия.

Основная часть информационных потоков поступает в автоматизированные системы документооборота, которые обеспечивают поддержку процессов прохождения электронных и бумажных документов. В системах документооборота предусмотрено выполнение нескольких технологических режимов, включающих: обработку документов, согласование проектов документов, контроль исполнительской дисциплины, формирование справок и сводок, списание документов в архив, различные виды поиска. Однако, только два режима (обработка документов и согласование проектов документов) вносят в информационную базу оперативные данные о выполняемых процессах. На основании этих данных можно определить, как осуществляется процесс обработки документа, сколько времени тратится на подготовку резолюции, подготовку ответа, сколько подразделений участвует в обработке документа, какие документы чаще возвращаются на доработку и т.д. Кроме того, необходимо учитывать, что работа прикладных систем сопровождается формированием служебных данных, которые не используются в явном виде в прикладных подсистемах, но могут быть полезны как сами по себе, так и совместно с данными о взаимодействии при анализе деятельности организации [2, 4].

Дополнительные информационные ресурсы можно получить на основе обработки данных о взаимодействии информационной системы. Очевидно, что для реализации взаимодействия в системы электронного документооборота встраиваются программные средства обеспечивающие обмен с электронной почтой, с мобильными устройствами (I pad, телефон, смартфон и т.п.), с межведомственными системами МЭДО, СМЭВ, «МВ-портал», ССТУ. Подключение к программному комплексу дополнительных программных и технических средств требует подключения средств контроля и мониторинга взаимодействия, обеспечивающих анализ выполняемых процессов.

На основе данных о взаимодействии с внешними и внутренними абонентами можно получить информацию:

- о четкости работы подразделений по выполнению заданий;
- об исполнительской дисциплине в целом по организации;
- о качестве подготовленных документов;
- об оперативности подготовки и согласования проектов документов, которые являются результатами выполнения заданий;
- о слаженной работе подразделений, обеспечивающих различные виды обмена документами
- о качестве процессов выполнения заданий свидетельствуют также характеристики процессов подготовки резолюций на всех уровнях служебной иерархии.

Таким образом, создаются дополнительные информационные ресурсы, накапливающие данные об особенностях и видах взаимодействия, интенсивности обмена с абонентами, об используемых сценариях обмена, о проблемах, возникающих при приеме информации и другие данные, которые можно использовать при анализе деятельности организации.

Заключение

Для совершенствования процессов управления, повышения эффективности работы, выявления «узких мест» и недостатков в работе необходимо проведение анализа деятельности организации. При проведении анализа требуется определить надежные источники информации и показатели, которые с достаточной степенью достоверности могут характеризовать деловые процессы, выполняемые в организации.

В работе показано, что системы организационного управления, которые в процессе своей работы постоянно накапливают данные о процессах обработки документов, о процессах согласования документов, о процессах взаимодействия можно использовать в качестве источников информации для анализа управленческой деятельности. Это позволит отказаться от экспертного анализа деятельности организации, который представляет собой длительную, дорогостоящую и ресурсоемкую процедуру. Экспертный анализ может проводиться как экстренная помощь организации в случае необходимости [3,4].

Литература

1. Федеральная государственная программа "Информационное общество (2011 - 2020 годы)", утверждена распоряжением Правительства РФ № 1815-р от 16.11.2010 г.
2. *Баканова Н.Б.* Мониторинг прохождения информационных потоков в распределенных системах электронного документооборота //«Электросвязь». 2017. № 10. С. 71–74.
3. *Н. Баканова, Т.* Атанасова Анализ информационных ресурсов организационных ИС для разработки алгоритмов поддержки принятия управленческих решений/ Издательский комплекс НВУ „Васил Левски”, Сборник докладов Ежегодной университетской научной конференции, 14-15 июня 2018 г., Велико Търново, стр. 101-105, ISSN 1314-1937, ISBN 978-619-7246-20-9.
4. *Баканов А.С.* Аспекты интеграции систем электронного документооборота с системами поддержки принятия решений. // Электросвязь. 2015. № 1. С. 23-25
5. *Волчков Д.В*. Проектирование режимов приема электронных документов для крупных распределенных СЭД. Управление развитием крупномасштабных систем MLSD’2014: Сборник научных трудов / под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна; Ин-т проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН. – М.: ИПУ РАН, 2014. – 493 с. – с. 280-285.

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

Богомолов А.И., Невежин В.П.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, Москва, Ленинградский проспект, д. 49
aibogomolov@fa.ru, vpnevezhin@fa.ru,

Никитаев В.Г., Броничев А.Н.

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ,
Россия, Москва, Каширское шоссе, д. 31
kaf46@mail.ru

Аннотация. Функционирование крупномасштабных систем нуждается в постоянном мониторинге и ранней диагностике возможных нежелательных отклонений ("болезней") от состояния её устойчивого развития. Уникальность крупномасштабных систем выдвигает особые требования к созданию её диагностической модели, которые могут быть сформулированы на основе синтеза знаний применяемых моделей диагностики в технических, социально-экономических и живых систем. Различие подходов, технологий и достижений в этих различных областях могут сыграть положительную роль в построении диагностической модели уникальной крупномасштабной системы. В ее построении особую роль играют теории и инструменты искусственного интеллекта, теории множеств и сети доверия Байеса. Рассмотрено и приведено использование сети доверия Байеса на примере формирования тарифов в страховой области.

Ключевые слова: диагностика, техническая система, экономическая система, болезни, классификация, сети доверия Байеса

Введение

Системы диагностики играет важную роль во всех сферах жизнедеятельности человека и общества. Адекватный и достаточно ранний диагноз необходим не только больным людям, но и экономическим, социальным и техническим системам. Результат такой диагностики позволяет вовремя принять необходимые меры для редуцирования идущих в системе нежелательных процессов, выявить их причинно-следственные и функциональные связи с внутренней и внешней средой.

Любая система, будь то человек, сложный технический объект, хозяйствующий субъект, или экономическая система проходит свой жизненный путь от рождения (создания) до смерти.

Таким образом, в период от создания (рождения) любой системы до её «смерти», важнейшее значение имеет задача своевременного выявления негативных процессов, происходящих в системе, то есть диагностика.

Несмотря на такую очевидность, в литературе отсутствует целостное междисциплинарное определение диагностики как разновидности научного познания, нет четкого определения её специфики, что затрудняет развитие и обобщение её достижений для различных областей познания.

2 Применение системного подхода

В данной статье делается попытка найти общие подходы и методы проведения диагностики, так и различия в диагностике функционирования отдельных органов человека и обнаружении дефектов в технических объектах и экономических процессах на основе системного подхода.

Когнитивные (информационные и математические) модели в общем виде отражают типичные черты и особенности диагностики сложных объектов. При этом они должны исходить из некоего общего основания для этой области познания.

При теоретическом рассмотрении сложной технической или экономической системы, а также человеческого организма, общим для них будет применение системного подхода.

3 Применение классификации дефектов

Общепринятой классификации «болезней» экономических систем не существует, что, тем не менее, не предполагает их отсутствия. Таким образом, для проведения их диагностики необходимо иметь предварительные представления диагностического образа «болезни» системы, а их множество диагностических образов должны образовывать некий классификатор.

4 Структура диагностической модели

Таким образом, можно представить общую трёхуровневую структуру диагностирования больших систем, таких как: технический объект, экономический объект, человек, рис. 1.

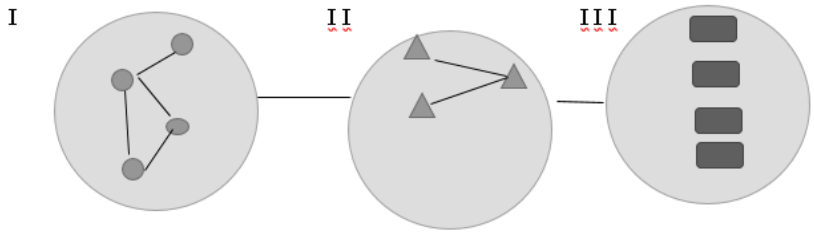


Рис. 1. Многоуровневая структура системы диагностики

Здесь: I – область доступных для диагностики параметров системы;II – область признаков «болезни» или дефектов системы;III –область определений (диагностических моделей) «болезней» или дефектов системы

Для решения задачи различимости дефектов объектов предлагается применять топологическую модель.

5 Модели в диагностике

Топологическая модель задается в пространстве параметров совместным представлением совокупности физических свойств объекта и его топологии в виде графа или матрицы с указанием причинно-следственных связей между его физическими свойствами

Практически любую систему можно визуально представить в виде графа.

Подобная модель применима для диагностики как живой, так и технических и экономических систем. При их диагностике нахождение диагностических параметров в допустимых пределах может

характеризоваться некоторой вероятностью. А так как взаимосвязи этих параметров образуют граф, то такого рода модель диагностики относится к классу графических вероятностных моделей, например, байесовской сети доверия (БСД).

6 Пример Байесовской сети доверия

В качестве примера были рассмотрены результаты применения БСД в страховом бизнесе. Построена сеть доверия, определяющая убыточность договора страхования. Сеть содержит вершины: "Курение", "Опасные виды спорта", "Работа", "Алкоголь", "Заболевания", "Возраст", "Количество застрахованных", "Время действия покрытия" и др. Каждая переменная может принимать вероятностное значение от 0 до 1.

Модель для расчёта нетто-тарифа на основе байесовской сети доверия и реализованная в программном комплексе Netica, была применена в страховой компанией "Альянс Жизнь" для подготовки предложений по реальным договорам страхования. На текущий момент нет разработок, которые применяют байесовские сети доверия в страховом бизнесе на российском рынке. Проверки модели, описанной в данной работе, подтверждают ее адекватность и возможность практического использования при проведении оценки рисков в страховых компаниях.

Выводы

1.Необходимо оформить и развить диагностику как разновидность научного познания, имеющего общие философские и научные подходы для выявления «болезней» больших систем.

2.Диагностика может основываться на системном подходе при выявлении и анализе «болезней» больших систем.

3. Необходимо разработать Классификатор «болезней» экономических систем

4. Графические вероятностные модели представляют собой наиболее широкий класс для создания диагностических моделей больших систем.

Литература

1. *Кроткое, Е.А.* Диагностика как универсальная форма научного познания (эпистемологический анализ) / Журнал «Вопросы философии». 2014, №3
2. *Богомолов А.И., Невежин В.П., Жданов Г.А.* Искусственный интеллект и экспертные системы в мобильной медицине / «Хроноэкономика», № 3 (11). С. 17-28.
3. *Богомолов А.И., Невежин В.П.* Мобильная персональная медицинская система для выявления предвестников кризиса сердечно- сосудистой системы / «Хроноэкономика», 2018. № 1 (9). С. 17-22.
4. Системный подход. URL: https://studfiles.net/preview/2873524/page:35/ (Дата обращения: 02.04.2019)
5. *Блауберг И.В, Юдин Э.Г.* Становление и сущность системного подхода. - М.: Издательство «НАУКА»,1973
6. Международная классификация болезней (МКБ-10). URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=71591/ (Дата обращения: 02.04.2019)
7. Классификация экономических систем. URL: https://poisk-ru.ru/s32720t9.html (Дата обращения: 12.05.2019)
8. Диагностические модели. URL: https://studref.com/395802/tehnika/diagnosticheskie_modeli (Дата обращения: 15.05.2019)
9. *Богомолов А.И., Невежин В.П.* Аксиоматическая вероятность и математическое моделирование экономических процессов. Труды Международной научно-практической конференции «Современная математика и концепции инновационного математического образования». - М.: Финансовый университет, 2018, с.149-163
10. Netica. URL: https://www.bantivirus.com/os-windows/1526488-netica.html

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ

Витенбург Е.А.[1], Никишова А.В.[1], Оладько В.С.[2], Умницын М.Ю.[1], Омельченко Т.А.[1], Садовникова Н.П.[1]

1. Волгоградский государственный университет,
Россия, г. Волгоград, пр. Университетский д.100
2. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский просп. д. 49
e.vitenburg@ec-rs.ru, nikishova.arina@volsu.ru, vsoladco@fa.ru, umnitsyn@volsu.ru, omelchenko.tatiana@volsu.ru, sadovnikova.natalia@volsu.ru

Аннотация: Из-за функционирования в крупномасштабных системах, система защиты информации также является большой и сложной системой. Поэтому к управлению самой системой следует добавить и управление ее системой защиты информации. Важнейшим этапом управления является принятие решений.

Ключевые слова: информационная система, злоумышленник, система защиты информации, события безопасности, мониторинг событий безопасности, принятие решений, методы поддержки приятия решений.

Введение

Развитие крупномасштабных систем в современных условиях не возможно без внедрения информационных технологий. Но тогда встает проблема обеспечения безопасности функционирования внедренных информационных систем и ресурсов, циркулирующих, хранящихся и обрабатывающихся в них. Из-за функционирования в крупномасштабных системах, система защиты информации также является большой и сложной системой. Поэтому к управлению самой системой следует добавить и управление ее системой защиты информации. Важнейшим этапом управления является принятие решений. Системы поддержки принятия решений имеют широкое применение в области менеджмента и только начинают находить свое применение в сфере защиты информации. Существуют различные подходы к поддержке принятия решений. Но все они предполагают генерацию решений на основе анализа больших данных. В данной статье предлагается подход к принятию решений на основе данных мониторинга безопасности информационных систем. Для автоматизации процесса принятия решений на основе результатов мониторинга событий предложен программный комплекс. В рамках статьи рассмотрена его формализованная модель и архитектура. Результатом работы программного комплекса является интегральная оценка текущего уровня безопасности информационной системы. Оценка формируется посредством анализа частных показателей безопасности, полученных на основе данных периодического мониторинга информационной системы.

1 Компоновка текстового материала

В настоящее время большинство предприятий сталкиваются с рядом проблем из-за недостаточной эффективности управления информационной безопасностью своих информационных систем. Анализ статистических данных, которые были получены ведущими компаниями в области информационной безопасности [1-2], показывает, что на 2018 год около 76% информационных систем являются уязвимыми к угрозам нарушения информационной безопасности.

Данные угрозы могут проявляться как в виде внутренних и внешних атак злоумышленника, так и в виде дестабилизирующих воздействий случайного характера. В результате реализации данных угроз предприятие несет финансовые потери, связанные с перебоями в работе производства, прерыванием бизнес-процессов, потерей клиентов и репутации.

Согласно [3] процесс управления информационной безопасностью состоит из планирования, выполнения, проверки и действия. Эти шаги определяют цикл PDCA.

Процесс начинается с первоначального проектирования системы защиты информации. Он построен на основе нормативных документов, применимых к конкретной информационной системе. Далее в информационной системе реализуется проект системы защиты информации. После этого организуется мониторинг событий безопасности, происходящих в информационной системе. На основе данных мониторинга принимается решение о целесообразности изменения существующего проекта системы защиты информации.

2 Модель принятия решений на основе данных мониторинга информационных систем

В основе разработанного программного комплекса принятия решений на основе данных мониторинга информационных систем заложена формализованная модель. Целевым назначением

модели является интегральная оценка текущего уровня безопасности информационной системы. Оценка реализуется посредством анализа частных показателей безопасности, которые получены на основе данных периодического мониторинга информационной системы. Для этого решается набор следующих задач: сбор данных о событиях в информационной системы; классификация событий; определение значений частных показателей безопасности; интегральная оценка текущего уровня безопасности информационной системы; принятие корректирующего решения.

С учетом выделенных особенностей разрабатываемую систему принятия решений на основе данных мониторинга информационной системы MPS =(MIS, ACE, DF) предлагается разбить на три ключевых множества подсистем: подсистему мониторинга событий информационной системы - MIS; подсистему оценки частных показателей безопасности информационной системы - ACE; подсистему принятия решений и оценку уровня безопасности информационной системы – DF.

Разработан программный комплекс для реализации системы, архитектура которого состоит из нескольких подсистем. Пользовательский интерфейс имеет графический вид и предназначен для ввода данных, взаимодействия с пользователем и вывода результатов мониторинга. Подсистема сбора данных с журнала событий предназначена для распределенного сбора информации из журналов событий операционной системы и составления списка событий с указанием их ключевых атрибутов. Подсистема анализа параметров событий предназначена для классификации состояний событий на нормальные, аномальные, опасные, и расчета параметров событий: частота возникновения, потенциальный ущерб. Подсистема оценки рисков и ранжирования событий по уровню опасности предназначена для расчета рисков по каждому событию, расчету общего уровня риска информационной безопасности, подсчета количества аномальных и опасных событий. Подсистема классификации состояний ИС предназначена для предварительной классификации состояний информационной системы на аномальные, нормальные и опасные. База данных хранит шаблоны базовых множеств нормальных и опасных событий, параметры векторов состояний информационной системы и данные о результатах предыдущего мониторинга. Подсистема принятия решений, предназначена для формирования векторов текущего и требуемого состояния уровней безопасности информационной системы, вычисления метрик близости векторов и принятия решений о принадлежности текущего системы к одному из пяти уровней безопасности информационной системы.

3 Экспериментальные исследования

Экспериментальное исследование направлено на получение интегральной оценки текущего уровня безопасности информационной системы посредством анализа частных показателей безопасности, полученных на основе данных периодического мониторинга информационной системы. На основании оценки уровня безопасности генерируется управляющее решение. Для этого необходимо выполнить следующие этапы: выбрать журнал событий, подлежащий анализу (первый этап), осуществить обработку собранной выборки событий (второй этап), провести классификацию событий и состояний системы (третий этап), рассчитать значение уровня безопасности системы (четвертый этап).

Эксперименты проводились на тестовой информационной системе. Общий показатель уровня безопасности системы был определен как «опасный», что в первую очередь связано с наличием большого числа опасных событий – 32%. Подобный уровень указывает на необходимость детального анализа событий происходящих в системе, разбора инцидентов информационной безопасности, зафиксированных в последний месяц. А также срочного принятия мер по устранению и локализации причин и источников опасных событий.

Анализ частоты обнаруженных опасных событий показал, что наиболее распространенной группой нарушений являются опасные события. На основе полученных данных работы программного комплекса принятия решение на основе мониторинга событий информационной системы с целью повышения уровня безопасности информационной системы и противодействия актуальным угрозам, связанным с обнаруженными событиями предлагаются следующие решения: применить политику использования надежных паролей и более коротких сроков действия паролей; ввести ограничение на количество попыток входа в систему и в случае превышения порогового значения производить блокировку учетной записи; проводить дополнительный мониторинг и аудит действий, связанных с повышением привилегий и работой под учетной записью администратора; использовать дополнительные программные или программно-аппаратные средства доверенной загрузки и защиты от несанкционированного доступа в систему.

Литература

1. Уязвимости в АСУ ТП: итоги 2018 года // Аналитика компании Positive Technologies. / URL: https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/ics-vulnerabilities-2019.
2. Глобальное исследование утечек конфиденциальной информации в 2018 году // Отчет InfoWatch. / URL: https://www.infowatch.ru/resources/report2018.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. 2006.
4. *Козлов Д.Б.* Метод принятия решений в условиях неопределенности // Известия ТулГУ. Технические науки. 2008. №2. – С. 278-286.
5. *Витенбург Е.А., Калинин П.А.* Архитектура модели интеллектуальной поддержки принятия решений в области защиты информации // Современные концепции развития науки. Сборник статей Международной научно-практической конференции, 2016. – С. 9-13.
6. *Xingmei L., Yaxian W., Qingyou Ya., Xinchao Zh.* Uncertain mean-variance model for dynamic project portfolio selection problem with divisibility // Fuzzy Optimization and Decision Making. Volume 18, Issue 1. 2019. – pp. 37–56.
7. *Zhihua Ch., Yanfei L., Ruiqing Zh.* Impacts of risk attitude and outside option on compensation contracts under different information structures // Fuzzy Optimization and Decision Making. Volume 17, Issue 1. 2018. – pp. 13–47.
8. *Yong-Jun L., Wei-Guo Zh.* Fuzzy portfolio selection model with real features and different decision behaviors // Fuzzy Optimization and Decision Making. Volume 17, Issue 3. 2018. – pp. 317–336.

МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕДР РАЗРАБАТЫВАЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Владов Ю.Р.[1,2], Нестеренко М.Ю.[1,2], Владова А.Ю.[3,4]

[1]Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
Россия г. Оренбург, ул. Пионерская, 11,
[2]Оренбургский государственный университет,
Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13,
[3]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65,
[4] Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
г. Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 53
urvladov@rambler.ru, n_mu@mail.ru, kidlemon@yandex.com

Аннотация: Предложена технология, необходимая при мониторинге геофизических процессов. Проанализированы известные технические решения в этой области и рассмотрены основные операции. На примере модельной зоны Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения определены технико-экономические преимущества.

Ключевые слова: мониторинг, геодинамическая активность, недра месторождения углеводородов.

Введение

Технология относится к области геофизических процессов, ее области применения: геодинамическое районирование, обнаружение и трассирование тектонических нарушений в верхней части земной коры, выявление опасных геодинамических процессов, выбор рационального режима эксплуатации разрабатываемых месторождений углеводородов (УВ). Преимущественная область применения – мониторинг геодинамической активности (ГДА) недр разрабатываемого месторождения УВ.

Рассмотрим выявленные технические решения в этой области. Известен способ обнаружения литосферных зон переменной геодинамической активности, основанный на анализе данных ионосферных спутниковых измерений магнитной и электрической компонент поля низкочастотных излучений околоземной плазмы с последующим исключением из рассмотрения традиционно возмущенных областей и выделением зон устойчивого наблюдения индуцированных излучений ионосферной плазмы, причем одновременно фиксируют плотность потока электронов низких энергий и температуру окружающей спутник околоземной плазмы, затем выполняют корреляционный анализ для всех сочетаний зарегистрированных параметров, сравнивают полученный результат с данными геолого-геофизического картирования литосферной зоны, расположенной в зоне проекции на Землю орбиты спутника и делают вывод об обнаружении

литосферных зон переменной геодинамической активности (см. патент РФ RU 2158942, МПК7 G01V 3/12, 29.10.1999).

Известен способ оценки влияния факторов на безопасность эксплуатации подземного хранилища газа (ПХГ) в пористом пласте, предназначенный для определения влияния различных природно-техногенных процессов на безопасность эксплуатации ПХГ. Способ включает создание полигона и проведение на нем комплексного мониторинга, построение карты по его результатам и прогнозирование возникновения чрезвычайных природно-техногенных событий, причем комплексный мониторинг проводят на региональном и локальном этапах по аэрокосмическому, деформационному, геофизическому, гидрогеологическому и флюидодинамическому блокам с использованием различной пространственно-временной детальности измерений, затем разрабатывают классификацию критериальных показателей для оценки риска и сравнивают рассчитанные показатели с критериальными, оценивают интенсивность проявления опасных техногенно-индуцированных процессов по единому суммарному коэффициенту состояния ПХГ, который сравнивают с предварительно рассчитанным критериальным коэффициентом и строят итоговую карту ранжирования территории по степени опасности (см. патент РФ № 2423306, МПК: B65G 5/00; G01V 11/00; E21B 47/00, 24.02.2010).

Более близким к предложенной технологии является способ идентификации зон опасности сооружений, относящийся к области строительства и эксплуатации подземных и наземных сооружений и предназначенный для изучения строения и геодинамики земной коры с осуществлением прогноза степени активизации деформационных процессов при поиске, разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Способ предусматривает проведение наземных и/или спутниковых геодезических измерений земной поверхности в наблюдательных пунктах с одновременным измерением вертикальных и горизонтальных смещений. Определяют также амплитуды вертикальных и горизонтальных аномальных смещений земной поверхности, вертикальные и горизонтальные деформации, по величинам которых судят об опасности для подземного или наземного сооружения (см. патент на изобретение № 2467359, G01V 9/00, 16.06.2011).

Общий недостаток известных технических решений – нельзя осуществить мониторинг ГДА. Поставлена цель - повышение эффективности мониторинга ГДА недр разрабатываемого месторождения УВ. Методологическая основа достижения цели - методы теории управления, аналитической идентификации состояния природно-техногенных объектов [1], а при построении их моделей состояния – теория агрегирования информации на базе аналитических [2] и мультиграфовых [3, 4] моделей, решения интеллектуальных задач в области управления состоянием крупномасштабных объектов [5].

1 Операции технологии

Технология мониторинга включает в себя следующие основные операции (см. авторский патент на изобретение № 2575469 RU, G01V 9/00; G01V 1/28. Способ определения ГДА недр разрабатываемого месторождения УВ. Опубл. 20.02.16. Бюл. № 5. 14 с.): 1 - устанавливают сейсмические станции; 2 - регистрируют с их помощью сейсмические сигналы; 3 - объединяют сейсмические станции в сейсмологическую сеть из расчета не менее трех станций на 10000 км2; 4 - интегрируют данные о сейсмической активности недр разрабатываемого месторождения УВ с его окрестностью от техногенно-природных событий; 5 - задают пороговое значение выделившейся сейсмической энергии на 10000 км^2; 6 - сравнивают интегрированные данные с заданным пороговым значением; 7 - если порог не превышен, то продолжают интегрировать данные, а если превышен, то проводят геодинамическое районирование недр разрабатываемого месторождения УВ с его окрестностями с разрешением не более 100 км^2; 8 - выделяют участки с аномально высокой геодинамической активностью; 9 - реконфигурируют сейсмологическую сеть на участках с аномально высокой геодинамической активностью за счет добавления на каждом не менее двух мобильных сейсмических станций с их размещением на расстоянии от 3 до 5 км друг от друга; 10 - находят сейсмически активные структуры геологической среды разрабатываемого месторождения УВ; 11 - с учетом найденных сейсмически активных структур определяют деформации земной поверхности на выделенных участках месторождения УВ; 12 - определяют величину ГДА каждого выделенного участка по агрегированной модели с использованием нормированных частных показателей и соответствующих весовых коэффициентов; 13 - выбирают частные показатели ГДА из предложенного перечня параметров. Выбор осуществляют с учетом особенностей разрабатываемого месторождения УВ; 14 - присваивают полученные величины ГДА выделенным участкам; 15 - строят вектор X_{otn}, компонентами которого берут полученные значения ГДА выделенных участков; 16 -

определяют модуль нормированного по количеству выделенных участков вектора; 17 - по величине модуля вектора $|X_{otn}|$ мониторируют в диапазоне от 0 до 1 геодинамическое состояние недр месторождения УВ.

2 Обсуждение

В качестве примера реализации рассмотрена технология мониторинга ГДА модельной зоны площадью 500 км^2 разрабатываемого Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ). Для нее проведено геодинамическое районирование с разрешением один км^2. Затем выделены два участка с аномально высокой ГДА, на которых сейсмологическую сеть реконфигурировали за счет добавления передвижных сейсмических станций. Выделена одна сейсмически активная геологическая структура, которая входит в Соль-Илецкий свод, в пределах которого регистрируется более 60 % всех сейсмических событий и определены деформации земной поверхности на выделенных участках с использованием сети из GNSS-станций [6] с достигнутой точностью измерений в пределах 7 мм. Определены для выделенных участков величины ГДА x_1 и x_2, причем для их определения использованы первые пять нормированных частных показателей из приведенного перечня. Результаты мониторирования следующие: $x_1 = 0{,}31$, а $x_2 = 0{,}29$. Далее построен двухкомпонентный вектор и определен его модуль. Его величина, равная 0,30, достаточно полно характеризует геодинамическое состояние недр модельной зоны с ее окрестностью.

3 Технико-экономические преимущества

Технико-экономические преимущества предложенной технологии мониторинга ГДА недр разрабатываемого месторождения УВ выполнена по сравнению с практическим методом на основе маркшейдерско-геодезических наблюдений. В частности, сравнение произведено на основе контроля сдвижений земной поверхности по реперам профильных линий с методикой нивелирования I-II классов для определения оседаний поверхности и измерения длин линий между реперами (см., например, Инструкция по производству маркшейдерских работ. Постановление Госгортехнадзора России № 73 от 06.06.2003). Однако, метод требует закладки большого количества реперов, а также значительного числа геодезических ходов. Причем, получаемый результат накапливает ошибку и требует продолжительного времени.

Выводы

Разработанная технология мониторинга ГДА недр эксплуатируемого месторождения УВ устраняет недостаток известных способов повышения надежности и безопасности сооружений. Как видно из описания, технология содержит ряд операций, выполнение которых необходимо и достаточно для эффективного мониторирования геодинамического состояния недр разрабатываемого месторождения УВ с его окрестностью. Исследования, проведенные на модельной зоне ОНГКМ, подтверждают значимость каждой операции технологии и ее высокую эффективность в целом.

Статья написана с использованием результатов, полученных при выполнении проекта «Технологии интеллектуального управления состоянием техногенных объектов», поддержанного грантами Российского фонда фундаментальных исследований по приоритетному направлению «информационно-телекоммуникационные системы». Важной составляющей проблемы является разработка технологий управления на основе ПИД-контроллеров с прогнозной составляющей и априорно известными [7] и неизвестными [8] динамическими параметрами.

Литература

1. *Владов, Ю.Р.* Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: Монография / Ю.Р. Владов, А.Ю. Владова // Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. -243 с.

2. *Владов, Ю.Р.* Математические модели и методы идентификации состояния техногенных объектов / Компьютерная интеграция производства и ИПИ – технологии // Сборник материалов \/ Всероссийской конференции. – Оренбург: ИП Осиночкин Я.В. 2011. – С. 158-165.

3. *Владова, А.Ю.* Непараметрическая идентификация множества состояний оболочковых технических объектов / А.Ю. Владова, Ю.Р. Владов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2011. № 4 (82).-С. 9-12.

4. *Владова, А.Ю.* Марковская идентификация коррозионных состояний трубопроводов / А.Ю. Владова, Ю.Р. Владов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2009. № 7. - С. 40-48.

Крупномасштабные системы: Моделирование развития и функционирования [Отв. ред. А.Д. Цвиркун, В.Н. Бурков]. – М.: ИПУ, 1990. - 103 с.

5 .*Нестеренко, М.Ю*. Влияние переотраженного сигнала на точность глобальных навигационных систем при мониторинге деформаций земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов / М.Ю.

6. 6. *Нестеренко, А.В. Цвяк, Ю.Р. Владов* // Успехи современного естествознания. 2016. № 9. - С. 143-147.

7. Vladov, Yu.R. Control Signals of a Predictive Industrial PID Controller / Yu.R. Vladov, A.Yu. Vladova // Russian Engineering Research, 2018, Vol. 38, No. 5. - P. 399–402.
8. *Vladov, Yu.R.* Two-stage workflow control witch a predictive component / Yu.R. Vladov, A.Yu.Vladova // 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization CAO-2018: Yekaterinburg, Rossia, 15-19 Oktober 2018. IFAC PapersOnLine, Vol. 51, Issue 32, 2018. - P. 712-716.

ИНТЕГРАЦИЯ CAD/CAM И ERP-СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМ МЕБЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Городецкая О.Ю., Заложнев А.Ю.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65,
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
г. Москва, Ленинградский проспект, д.49
olgagorod08@yandex.ru, zalozhnev@yandex.ru

Аннотация: В докладе на примере программного обеспечения ПолиСОФТ исследуется интеграция CAD/CAM и ERP систем, используемых для целей управления и мониторинга крупномасштабным мебельным производством.

Ключевые слова: мониторинг и управление, крупномасштабное мебельное производство, CAD/CAM, ERP, программное обеспечение, интеграция систем

Введение

Важным шагом в развитии систем управления и мониторинга крупномасштабным мебельным производством явилось появление информационных систем управления предприятием (ИСУП) или MES (Management Information System), позволяющих автоматизировать основные бизнес-процессы предприятий, и дальнейшая эволюция этих систем. Другим важным шагом явилась интеграция MES систем с CAD/CAM системами, используемыми для непосредственного управления производственными процессами.

В данном докладе на примере программного обеспечения ПолиСОФТ исследуется интеграция CAD/CAM и ERP систем, используемых для целей управления и мониторинга крупномасштабным мебельным производством.

MRPII-системы являются развитием MRP систем (Material Requirements Planning) и предназначены для планирования не только производственных (как MRP системы), но и финансовых ресурсов предприятия.MRPII-системы также дополнительно позволяют производить расчет производственного потенциала предприятия ([1], стр. 77). MRPII системы, как правило, входят в состав ERP систем(Enterprise Resource Planning).

MRPII-системы включают в себя различные функциональные (программные) компоненты, в том числе: систему планирования продаж и операций, систему планирования производства, планирования потребностей в материалах, систему управления производственными запасами, систему планирования поставок, систему управления производством уровня цеха, планирования производственных мощностей, систему управления закупками, финансового планирования, систему оценки результатов деятельности.

ERP системы, с точки зрения модульного построения, являются расширением MRPII-систем и помимо вышеперечисленных дополнительно включают в себя в себя компоненты, предназначенные для автоматизации управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами предприятия.

Расширения ERP систем за счет присоединения к их функционалу систем управления взаимоотношениями с клиентами (CRM систем) называются ERPII системами.

Computer Integrated Manufacturing (CIM) представляет собой общий технологический подход, направленный на использование программных средств, вычислительной техники и компьютеров для непосредственного управления производственными процессами. Программные системы, реализующие те или компоненты поддержки производственных процессов, называются CIM системами. Одними из видов CIM систем являются CAD (или САПР) и CAM системы, которые предназначены для автоматизации процессов проектирования, подготовки и непосредственного управления производственными процессами, в частности, для управления проектирования, подготовки и непосредственного управления крупномасштабным мебельным производством.

Вопросам взаимодействия и интеграции CAD/CAM и MPR/ERP систем посвящено достаточное число публикаций. См., например, [2-4]. Тем не менее, это проблематика остается весьма актуальной, т.к. в каждом конкретном случае разработчики, как правило, находят новые подходы к решению этих проблем.

1 Интеграция ERP и CAD/CAM систем для мониторинга и управления крупномасштабным мебельным производством на примере программного обеспечения ПолиСОФТ

Программное обеспечение компании «ПолиСОФТ Консалтинг» состоит из трех программных продуктов: комплексной системой автоматизации управления мебельным предприятием ИТМ, системой автоматизации взаимоотношений с клиентами ЯрТех и программным пакетом bCAD, предназначенным для проектирования и подготовки к производству мебели, торгового и выставочного оборудования.

В состав комплексной системы автоматизации ИТМ входят следующие функциональные подсистемы и блоки: планирования производства и управления заказами, планирования продаж и операций (система управления заказами), система управления снабжением и планирования поставок, планирования потребностей в материалах (блок оценки потребностей по заказам системы управления снабжением и планирования поставок), система управления закупками (подсистема системы управления снабжением и планирования поставок), система управления производственными запасами и складского учета, система управления производством на уровне цеха (подсистема мониторинга и управления производством), планирования производственных мощностей (блок оптимизации производства подсистемы мониторинга и управления производством), финансового планирования и управления финансами, блок оценки результатов деятельности (расчета рентабельности в подсистеме управления финансами). Наличие этих подсистем, блоков и модулей, включая модуль управления финансами, позволяет говорить о системе ИТМ как о системе, обладающей основными признаками и функционалом MPRII системы.

Функционал системы ИТМ расширяется за границы функционала MPRII-систем путем подключения модуля управления кадрами предприятия, модуля оценки дефицита денежных средств и модуля «OLAP-финансовый анализ». Сочетание этих функциональных возможностей с функционалом ИТМ как MPRII системы дает возможность пользователю комплексной системы ИТМ использовать её в качестве полнофункциональной ERP системы. А совместное использование ИТМ и системы автоматизации управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) ЯрТех позволяет говорить о комплексе программных продуктов ПолиСОФТ как о полнофункциональной ERPII системе.

Программный пакет далее bCAD – это интегрированная среда для двумерного черчения, трехмерного моделирования и фотореалистичного тонирования. Пакет bCAD имеет следующие функциональные возможности: 2D черчение, 3D моделирование, параметрическое моделирование профильных деталей, параметрическое моделирование готовых мебельных объектов с возможностью последующего произвольного редактирования, импорт 3D моделей и 2D контуров из других систем проектирования (AutoCAD, 3DMAX, SolidWorks), автоматическое получение отчетно-производственной документации, передача данных на станки с ЧПУ, в различные автоматизированные системы учета и управления.

В общем (компактном и весьма усеченном) виде взаимодействие компонентов системы ИТМ и CAD/CAM системы, включающей пакет bCAD, в процессе реализации потока заказов может быть описано следующим образом:

1. Программный пакет bCAD на основании заказа клиента формирует проект отдельных мебельных изделий, комплектов мебели или проекты помещений. В качестве результатов проектирования, помимо внешнего вида проекта, фотореалистичных изображений и анимации, bCAD формирует отчетно-сметную документацию, чертежи деталей, карты раскроя плитных материалов и профиля, а также другую производственную документацию.

2. Информация, содержащаяся в отчетной документации по проекту и, по сути, являющаяся информацией о принятом заказе, передается в систему управления производством системы ИТМ, в которой формируются заявки на производство, снабжение и наряды-задания. Производственная информация о деталях проекта в формате XML передается в ИТМ для идентификации технологических процессов.

3. Производственная информация о деталях проекта в соответствующем формате управляющей программы станка передается в CAM-систему (станок с ЧПУ) для исполнения.

4. Сформированный номенклатурный состав заказа передается в подсистему управления производством системы ИТМ, в которой формируются заявки на производство и наряды-задания.

5. Сформированные наряды-задания передаются в систему управления производством.

6. По результатам оптимизации и планирования раскроя плитных материалов ИТМ может формировать задание на раскрой плитных материалов

7. Помимо прямого получения позаказных (по каждому проекту) заданий на раскрой непосредственно от системы проектирования «bCAD Мебель» и различных комбинаций между ними модуль раскроя плитных материалов bCAD может получать задание на раскрой, сформированное ИТМ на основе внутреннего планирования, и выполнять автоматизированный раскрой для данного задания.

8. По результатам проведенного в bCAD раскроя на основе полученной информации об общей длине резов, количестве поворотов листа и т.д. в ИТМ проводится оценка времени работы, оценка стоимости работ и, как следствие, расчет фактической и плановой себестоимости изделий.

Следует отметить, что в общем случае взаимодействие между MRPII/ERP системой и CAD/CAM системой осуществляется через PDM) систему – систему управления данными об изделии.

В комплексной системе автоматизации ИТМ функционал PDM реализован внутри подсистемы «Производство (учет и управление)», т.е. внутри MPRII системы. При этом подсистема «Производство (учет и управление)» содержит функциональные модули, реализующие следующие функциональные возможности и технологии PDM-систем: управление техническими данными и данными об изделиях, управление процессами и потоками работ, управление документами и хранение данных.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что система ИТМ в целом может рассматриваться как полнофункциональная ERP система, которая, будучи дополнена функционалом CRM системы, формирует полнофункциональную ERPII систему, предназначенную для мониторинга и управления крупномасштабным мебельным производством.

Литература

1. *Стюарт Э.* Искусство управления складом: Как уменьшить издержки и повысить эффективность. – Минск: Гревцов Паблишер, 2007. – 320с.
2. *Полывянный В. Е*. Проблемы интеграции САПР и ERP систем. Возможные способы решения // Труды МАИ. 2004, №17. URL: http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=34212.
3. *Ловыгин В., Быков А., Карабчеев К.* Интеграция CAD/CAM/CAPP ADEM с ERP-системами и другими программными продуктами // САПР и графика. 2007, №1. URL: http://sapr.ru/article.aspx?id =17165&iid=793.
4. *Воденин Д.Р., Чавкин Е.М.* Внедрение CAD-системы на примере Unigraphics NXв интегрированную платформу поддержки жизненного цикла воздушного судна на базе сервис-ориентированной архитектуры // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. т. 15, №4(3), 2013. С.605-611.

МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНОЙ СЕТИ

Калашников А.О., Аникина Е.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
aokalash@ipu.ru, janet0584@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается один из методов эффективного распределения ограниченного ресурса специализированных устройств (сенсоров) для мониторинга информационной безопасности узлов сложной сети.

Ключевые слова: сложная сеть, мониторинг информационной безопасности, сенсор безопасности, распределение ресурса, двудольный граф.

Введение

Ускоренный переход к цифровой экономике характеризуется интенсивным внедрением и использованием информационных технологий в сферах экономики и финансов, промышленности и энергетики, транспорта и связи, государственного и муниципального управления, обороны и безопасности, науки и культуры, образования и здравоохранения, и многих других. Столь широкое применение информационных технологий невозможно без обеспечения безопасности. И в первую очередь это относится к вопросам организации информационной безопасности объектов *критической*

информационной инфраструктуры Российской Федерации (далее – КИИ РФ) и КИИ РФ в целом. О том, что важность указанной проблемы отчетливо осознается, в том числе, на уровне Президента и Правительства Российской Федерации, говорит и недавно вступивший в силу Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [1].

В соответствии с [1] (статья 7) *категорирование* объекта КИИ РФ представляет собой установление соответствия объекта КИИ РФ критериям значимости, присвоение ему одной из трех категорий значимости и проверку сведений о результатах ее присвоения.

Для успешной реализации мероприятий по обеспечению безопасности объектов КИИ РФ и КИИ РФ в целом необходимо решение целого ряда сложных научно-технических задач, из которых задача мониторинга информационной безопасности КИИ РФ, в том числе, с помощью специализированных устройств, является одной из ключевых.

Именно решению задачи эффективного распределения ограниченного ресурса специализированных устройств (сенсоров безопасности) для мониторинга информационной безопасности узлов сложной сети, такой, как КИИ РФ или Интернет и посвящена настоящая работа.

Необходимо отметить, что впервые близкая по постановке задача была рассмотрена в [2] (подробный анализ и библиографию см. там же), где рассматривалась проблема распределения ограниченного ресурса компьютерной системы, представленного некоторым количеством различных устройств между множеством пользователей, принадлежащих различным классам. Ключевым отличием задачи, рассматриваемой в настоящей работе от задачи, представленной в [2], является переход от рассмотрения множества уникальных устройств к рассмотрению множества групп однотипных устройств, что представляет собой существенное обобщение и усложнение исходной задачи. Тем не менее, отдельные результаты, полученные в [2] использованы в данной работе.

Рассмотрим формальную постановку задачи.

Пусть имеется сложная сеть, состоящая из узлов, относящихся к различным классам $\mathcal{K} = \{1, \dots, K\}$. Примерами таких сетей могут служить совокупность сетей, представляющих собой элементы КИИ РФ или Интернет. Обозначим X_k – количество узлов сети, относящихся к классу $k \in \mathcal{K}$ и $X = \sum_{k=1}^{K} X_k$ – общее количество узлов сети.

Положим, далее, что имеется некоторое количество специализированных устройств – сенсоров для мониторинга информационной безопасности узлов сети (далее – сенсор безопасности), также относящихся к различным классам $\mathcal{M} = \{1, \dots, M\}$. Обозначим Y_m – количество сенсоров безопасности, относящихся к классу $m \in \mathcal{M}$ и $Y = \sum_{m=1}^{M} Y_m$ – общее количество сенсоров. Будем полагать, что сенсоры безопасности различных классов обладают, в общем случае, различной эффективностью мониторинга информационной безопасности в отношении узлов сети, также относящихся к различным классам.

Будем считать, что эффективность (полезность) сенсора безопасности класса $m \in \mathcal{M}$ является функцией от числа узлов, мониторинг которых осуществляет указанный сенсор: $\sigma_m(x), \quad m \in \mathcal{M}$, $x \in \mathbb{N}_0 = \{0, 1, 2, \dots\}$. В рамках данной работы, для простоты, будем полагать, что $\sigma_m(x)$ – вогнутая функция, которая не зависит от конкретных классов узлов, а определяется только общим числом узлов сети, мониторинг которых осуществляет данный сенсор.

Обозначим $N_{m,k} \geq 0$ – максимальное число узлов класса $k \in \mathcal{K}$, которое может промониторить сенсор безопасности класса $m \in \mathcal{M}$ и $N_m \geq 0$ – суммарное максимальное число узлов, которое может промониторить сенсор безопасности класса $m \in \mathcal{M}$. Данное ограничение является вполне естественным, поскольку, с одной стороны, за конечный период времени любой сенсор безопасности может проверить только ограниченное число узлов, а с другой, например, может оказаться, что сенсор безопасности класса $m \in \mathcal{M}$ не может быть использован для мониторинга узлов класса $k \in \mathcal{K}$.

Таким образом, наша задача заключается в нахождении такого распределения узлов сети по сенсорам безопасности, которое максимизирует суммарную эффективность (полезность) всех устройств пока удовлетворяются вышеприведенные ограничения.

При решении данной задачи в [3] был разработан и представлен базовый алгоритм на основе построения допустимого двудольного графа $G(\bar{X})$, реализующего все потенциальные распределения каждого узла сети по сенсорам безопасности и допустимых назначений.

Общий алгоритм решения задачи Task, приведенный в [3], представляет собой последовательное решение задач Task (j), при $j = 1, 2, \dots, X$, использующих базовый алгоритм [3]. Доказательство корректности работы алгоритма, а также основного результата настоящей статьи, являющегося обобщением Теоремы 1 из [2] представлено в [3].

1 Оценка вычислительной сложности алгоритма

В работе [2] приводится оценка вычислительной сложности алгоритма, решающего задачу нахождения распределения ограниченного ресурса компьютерной системы, представленного некоторым количеством различных устройств между множеством пользователей, принадлежащих различным классам и имеющая вид:

(1) $O\ (M(LM + M^2 + LK))$,

где M – число устройств, L – число пользователей и K – число классов пользователей.

Ключевым отличием задачи, рассматриваемой в данной работе, как уже было сказано выше, является переход от рассмотрения множества единичных устройств к рассмотрению множества групп однотипных устройств, что представляет собой существенное обобщение и усложнение исходной задачи. Тем не менее, поскольку, как и в [2] решение задачи Task представляет собой последовательное решение задач Task (j), при $j = 1, 2, \dots, X$, то и в этом случае вычислительная сложность алгоритма решения задачи Task будет иметь вид:

(2) $O\ (Y(XY + Y^2 + XK))$,

Где: Y – общее число сенсоров безопасности, X – общее число узлов сети и K – число классов узлов.

Заключение

В работе рассмотрена задача нахождения такого распределения узлов сложной сети, относящихся к разным классам, по сенсорам безопасности, также относящихся к разным классам, которое бы максимизировало суммарную эффективность (полезность) функционирования всех сенсоров с учетом определенных для них ограничений. Был предложен общий алгоритм решения указанной задачи, доказана его корректность и проведена оценка его вычислительной сложности.

Необходимо отметить, что предложенный в данной работе метод эффективного распределения средств мониторинга информационной безопасности в рамках сложной сети может быть успешно использован в рамках решения других задач. Например, при оценке безопасности КИИ РФ, в том числе, на основе метода вейвлет-анализа [4] или управления информационной безопасностью КИИ РФ на основе выявления ее аномальных состояний с использованием механизмов комплексной оценки [5] и кластерного анализа [6, 7].

Литература

1. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
2. *Tantawi A.N., Towsley G., Wolf J.* Optimal allocation of multiple class resources in computer systems // ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review. 1988. Vol. 16, Issue 1. P. 253-260.
3. *Калашников А.О., Аникина Е.В.* Метод эффективного распределения сканеров для мониторинга информационной безопасности узлов гетерогенной сети // Информация и безопасность. 2018. Т. 21. № 4. С. 455 – 464.
4. *Калашников А.О., Сакрутина Е.А.* Модель оценки безопасности критической информационной инфраструктуры на основе метода вейвлет - анализа // Информация и безопасность. 2017.Т. 20. № 4(4). С. 478 – 491.
5. *Калашников А.О.* Управление информационными рисками организационных систем: механизмы комплексного оценивания // Информация и безопасность. 2016. № 3.С. 315 – 322.
6. *Калашников А.О., Аникина Е.В.* Модель управления информационной безопасностью критической информационной инфраструктуры на основе выявления ее аномальных состояний (часть 1) // Информация и безопасность.2018. Т.21. № 2(4).С. 145 – 154.
7. *Калашников А.О., Аникина Е.В.* Модель управления информационной безопасностью критической информационной инфраструктуры на основе выявления ее аномальных состояний (часть 2) // Информация и безопасность.2018.Т. 21. № 2(4). С.155 – 164.

МЕТОД СТРАТЕГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТРАСЛЕВЫХ СИСТЕМ

Краснова Т.Г., Поздняков А.К., Вильгельм А.С.

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
Россия, г. Абакан, ул. Ленина д.90
rektor@khsu.ru,

Плотникова Т.Н.

Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета,
Россия, г. Абакан, ул. Щетинкина, 27
tnplot@mail.ru

Аннотация: Предложена методика стратегического мониторинга и прогнозирования потенциала в управлении развитием региональных отраслевых систем, отличающаяся учетом как отраслевого, так и территориального принципа. Построенная на методике информационная система позволит сгладить фактор влияния неурбанизированных территорий на неравномерность экономической активности в пространственном развитии.

Ключевые слова: экономический рост, социальный вектор развития, региональная экономика, агропромышленный комплекс, локальные рынки.

Введение и обзор литературы

Стратегией социально-экономического развития регионов России неравномерность их развития определена в качестве сдерживающего фактора. Особенно это касается сибирских регионов, большая часть которых являются ресурсно-ориентированными. Развитие территорий, на которых размещаются угледобывающие предприятия, во многом определяется политикой этих предприятий, являющихся в большинстве своём градообразующими для моногородов.

Одной из важных функций угледобывающих предприятий является выполнение задач социальной сферы, в частности в отношении развития монопрофильных поселений (шахтёрских моногородов). Отраслевая специализация моногородов показывает, что угольная промышленность имеет большую долю в структуре производства, размещённого на территории моногородов.

Несмотря на большое разнообразие отраслей, представляющих градообразующие предприятия моногородов, угольная отрасль занимает значительную долю до 9,4% и, следовательно, оказывает серьёзное воздействие на текущее состояние монопрофильных поселений.

Стратегиями модернизации моногородов предусмотрены развитие конкуренции, предоставление равных возможностей для модернизации предприятий, создание условий для привлечения и развития человеческих ресурсов, стимулирование развития инновационных технологий, развитие кооперации всех видов (внутриотраслевой, межотраслевой и международной) [1].

Кооперация и развитие взаимосвязей и взаимодействий как в угольной промышленности, так и в монопрофильных поселениях в целом способствуют созданию наиболее благоприятных условий для предполагаемого функционирования. Формирование монопрофильных городов на угледобывающей отрасли как отрасли с возрастающей отдачей от масштаба с точки зрения новой экономической географии как хорошо сформированного природного явления, являющегося результатом сочетания эффектов, вызванных техническим прогрессом и координацией местных рынков. Предприятия с постоянной отдачей от масштаба и использующие немобильные ресурсы, например, сельское хозяйство, могут оставаться сосредоточенными. Взаимодействие монопрофильных территорий с различными субъектами хозяйствования позволит создать условия для развития территории на основе показателей перманентного мониторинга [2-4]. Основной задачей современного подхода к управлению угледобывающими предприятиями, расположенными в монопрофильных районах ресурсных регионов, является социально-ориентированное регулирование структурных изменений на основе мониторинга социально-экономических индикаторов динамики развития [5-10]. Существующие методы оценивания и прогнозирования потенциала локальных отраслевых рынков применяются при сценарном стратегическом планировании, но не в рамках мониторинга.

1 Материалы и методы

Предлагаемая методика мониторинга основных индикаторов отраслевой динамики сводится к выявлению и оценке величины комплексного потенциала территории:

$$(1)\quad П_i = \left(П_{труд} + П_{рес} + П_{произ} + П_{инв}\right)\cdot\left(1 + \frac{П_{инн} + П_{экол} + П_{инфр}}{100}\right)$$

Здесь $П_i$ – потенциал i-й территории, представляющий собой аддитивную оценку локальных потенциалов j-й отрасли с учетом весовых коэффициентов k, причем $\sum_{i=1}^{n} k_i = 1$, вектор которого определяется путем ранжирования территории по степени производительности в j-й отрасли, ранг которой определяется экспертным способом. Показатели качественных факторов в (1) рассчитывается как средняя геометрическая из индексов динамики показателей состояния и развития l-го фактора - инновационного, экологического и инфраструктурного - из m количества показателей:

$$(2)\quad П_l = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^{m} П_l}$$

Если по результатам мониторингового процесса происходит перебалансировка в векторе весовых коэффициентов, ранжирование пересматривается. Далее по методу наименьших квадратов оценивается следующая регрессионная зависимость территориальной производительности от потенциала локальных рынков:

$$(3)\quad \ln ВРП_i^j = a_0 + a_1 \ln P_i + a_2 \ln П_i + a_3 x_i + \varepsilon$$

В результате учета плотности населения P_i на рассматриваемой территории в (3) может наблюдаться корреляция с емкостью рынка и концентрацией платежеспособного спроса.

Отличие предлагаемой модели мониторинга от существующих – проведение агрегированного учета индикаторов как по отраслевому, так и по территориальному принципу. Это позволит сгладить фактор влияния неурбанизированных территорий регионов на неравномерность экономической активности в пространственном развитии.

2 Результаты и дискуссия

Показатели и индикаторы формируют систему мониторинга развития отраслей экономики с функцией обратной связи на различных уровнях (региональном, межрегиональном, страновом, межстрановом). На основе результатов мониторинга производится корректировка входных данных и факторов, которые коммуницируют друг с другом, для прогнозирования дальнейшего развития, также проводится пересмотр внутрикластерных и внутриагломерационных взаимоотношений, по результатам которого происходит иное целеполагание в дорожных картах.

Предложенный метод был апробирован в российских условиях. В частности, наиболее интересные результаты проведения оценки показало применение для сибирских регионов, так как, во-первых, плотность населения очень низкая по сравнению с другими территориями при богатых природных ресурсах, соответственно, во-вторых, именно в Сибири более высока доля моногородов и сельское хозяйство не ориентировано на импорт и межрегиональную торговлю. Также отличительной особенностью является отсутствие развитой инфраструктуры, обеспечивающей связь города с внешним миром, а также особыми климатическими условиями, сложными для проживания и ведения сельского хозяйства.

Так, например, в Республике Хакасия имеется 7 монопрофильных населенных пунктов. По результатам применения предложенной информационной системы мониторинга за 2017-2018 гг. плотность населения в муниципальных районах снизилась на 3,2 %, однако индекс Тейла снизился с 2,47 до 2,35, что может говорить об увеличении равномерности пространственной активности. Также оценка значения коэффициента регрессии по плотности населения по методу наименьших квадратов с уровнем потенциала (формула (1)) при 5 % уровне значимости остался в пределах 0,15 (R^2 = 0,689, по уравнению (3)). Для исключения эндогенности при тестировании были введены инструменты в виде индекса динамики по тем же показателям в ретроспективе: отрасль сельского хозяйства показала отрицательную корреляцию, а корреляция между инструментами и инструментируемой производительностью в горнодобывающей отрасли составляет 0,63 (R^2 = 0,597). Это говорит о том, что и для сельского хозяйства, и для горнодобывающего производства агломерационный процесс (с учетом инфраструктурной, ресурсной, индустриальной компонент) в ресурсных регионах Сибири является важным фактором сбалансированности уровня производительности в отрасли. Перманентный мониторинг позволит отслеживать как уровень влияния факторов на пространственное распределение экономической активности, так и спрогнозировать динамику с учетом изменяющихся предикторов и условий.

Результаты оценки показывают значимость продуктивности и потенциала. Выявление наиболее перспективного направления пространственного развития будет способствовать повышению деловой активности субъектов локальных рынков. Эффективность взаимодействия ассоциированных локальных рынков будет выражаться в том, как будет развиваться экономика в региональном масштабе в среднесрочной перспективе. В математическом смысле это означает динамику численной оценки прогноза показателя ВРП на будущее с учетом вероятности.

3 Выводы и заключение

Зная тенденции в развитии сельскохозяйственной зоны с учетом стратегии развития индустриальной зоны, возможно построение стратегического плана социально-экономического развития на основе инструментов мониторинга. Приведенная методика, опробованная в российских условиях, подходит к применению в системе мониторинга как в масштабе страны, так и в межстрановом аспекте для выявления различий и сравнения динамики роста отраслей и развития территорий, так как уровень неравномерности пространственной активности субъектов рынка между странами больше, чем в пределах одного национального рынка. Применение гипотез новой экономической географии как теоретического базиса в предложенной информационной структуре системы мониторинга позволяет учесть фактор инфраструктурного и ресурсного потенциалов для повышения функциональности и прогнозируемости результатов мониторинга его основным потребителям – инвесторам и органам государственной власти.

Литература

1. Harte S., Grävingholt J., Pleines H., Schröder H-H. Geschäfte mit der Macht. Bremen, 2003. 383 p.
2. *Torres-Gutierrez T., Ordonez J.* Agglomeration economies and urban productivity // Region. Vol. 6. 2019, № 1. – P.17-24.
3. *Keuschnigg M., Mutgan S., Hedström P.* Urban scaling and the regional divide // Science Advances. Vol 5. 2019, № 1. – P.1-7.
4. *Fracasso, A., Vittucci Marzetti, G.* Estimating dynamic localization economies: the inadvertent success of the specialization index and the location quotient // Regional studies, 52(1), 2018. - P.119-132.
5. *Foo, N.; Bloch, H.; Salim, R.* The optimisation rule for investment in mining projects. Resour. Policy 2018, 55, P.123–132.
6. *Fujita, M. and Krugman, P.* Urban systems and regional development. In The Location of Economic Activity: New Theories and Evidence, Consorcio da Zona Franca de Vigo and CEPR. 1994
7. *Fujita M, Krugman P,Venables A.* The Spatial Economy (MIT Press, Cambridge, MA), 1999.
8. *Krugman, R.P.* "What's New about the New Economic Geography?" Oxford Review of Economic Policy 14, № 2, 1998. - P.7-17.
9. *Combes, P.P., Mayer, T., and Thisse, J.F.,* Economic Geography: The Integration of Regions and Nations, Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 2008
10. *Markevich A., Mikhailova T.* Economic Geography of Russia. New Economic School, 2012.

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА НА РЕТРОСПЕКТИВНОМ ПРИМЕРЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ[99]

Лобанов И.А., Гудов Г.Н., Рожнов А.В., Масюков М.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
lobanov@ipu.ru, rozhnov@ipu.ru

Аннотация: предлагаются к обсуждению некоторые наработки комплексных исследований в области управления космическим движением и приложение средств моделирования критичных сценариев. Приведены и разбираются ретроспективный пример информационно-аналитического сопровождения и системная интеграция в интересах формирования, применения и развития виртуальной семантической среды перспективных авиакосмических систем.

Ключевые слова: авиакосмические системы, мониторинг, управление космическим движением, моделирование, системная интеграция, виртуальная семантическая среда, единая технология.

[99] *Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект No.16-29-04326 офи_м.*

Введение

Эксплуатация авиакосмических систем и прогнозирование их состояния на различных этапах их жизненного цикла в настоящее время осуществляется посредством применения обширной совокупности технологий моделирования и управления, диверсификация и системная интеграция составляющих которых в наиболее наглядном плане может быть показана именно в *ретроспективе*.

Целевой установкой второго этапа инициативного проекта является продолжение поисковых исследований проблемных вопросов в сфере *экологического аудита* авиакосмических систем и их информационно-аналитическое сопровождение в совокупности актуальных задач мониторинга в управлении развитием крупномасштабных систем, совершенствования методов обеспечения сбора, интеллектуальной обработки и анализа больших массивов информации о реальных и гипотетических условиях их применения. «Новые вызовы» стратегии научно-технологического развития во многом определяют такие смежные проблемные области по отношению к представляемой – территориальная связность России (транспорт, связь и др.), *информационно-аналитическая работа* и проведение фундаментальных системно-стратегических исследований Арктики и Антарктики, обоснование и применение новых стандартов и многие другие [1-9]. Извлечение и усвоение необходимых уроков в одной из таких наиболее востребованных комплексных тем эффективного *экологического контроля* имеет неоспоримое значение для современной и ближайшего будущего техносферы. Особо выделим условия разработки перспективных *интеллектуальных транспортных систем* (ИТС), приоритетом для которых должна являться реализация устойчивого развития, сохранение биосферы Земли в свете весьма интенсивного современного развития человечества, иные сопутствующие важные вопросы. Осуществляя полный и достоверный анализ предварительных итогов и уточняя прогноз развития данной отрасли, рассмотрим на ретроспективном примере информационно-аналитический аспект диверсификации технологии моделирования и управления *на стадии завершения эксплуатации*.

1 Управление космическим движением и его информационно-аналитическое обеспечение на стадии завершения эксплуатации авиационно-космической системы

Современные проблемные вопросы управления космическим движением включают широкий спектр актуальных задач моделирования применения *авиационно-космических систем* (АКС) различного назначения: управление летательными аппаратами (требования, функции, алгоритмы); моделирование динамики полета, управления движением АКС; разработка интеллектуальных систем управления в авиационно-космической технике; развитие методов обработки и представления информации в АКС; совершенствование человеко-машинного интерфейса, технологий VR и AR; управление техническим состоянием и самодиагностика АКС; обоснование архитектуры бортовых комплексов, а также информационное и другие виды обеспечения средств, комплексов и агрегатов.

Основной целью комплексной работы является диверсификация единой технологии управления развитием автономных систем и интеграционных компонентов виртуальной семантической среды.

В прагматическом аспекте рассматриваются реальные условия и обоснование применимости новых / известных смежных объектов интеллектуальной собственности.

По своей сути предмет настоящего исследования преимущественно как таковой сосредоточен на мониторинге в управлении развитием крупномасштабных систем, а также методах и средствах обеспечения сбора, интеллектуальной обработки и анализа больших массивов информации об условиях применения АКС различного назначения [1-9]. Рассмотрен ретроспективный пример в интересах системной интеграции при информационно-аналитическом сопровождении завершения эксплуатации АКС в теории и практике формирования и развития виртуальной семантической среды моделирования и управления авиационно-космическими (автономными) системами.

В рассматриваемом примере, согласно сведениям официальных источников[100], была предоставлена информация следующего характера: 30 апреля 2002 года Итальянское космическое агентство (АСИ) отключило выполнивший успешно за время своего функционирования программу полёта итальянский научный спутник BeppoSAX. Применённая к спутнику BeppoSAX процедура отключения необратима, а значит осуществлять управление запущенным в 1996 году спутником с Земли более было невозможно, и он стал неориентируемым космическим мусором, подчинённому действию закона вырождения орбиты. В декабре 2002 года высота орбиты спутника BeppoSAX составляла 403-409 км и, учитывая состояние плотности атмосферы на этой высоте, его возвращение в плотные слои атмосферы (100 км) предположительно ожидалось весной 2003 года (более точная дата была сообщена позже). Считалось, что около 40 фрагментов общей массой 650 кг достигнут

[100] *Вербальная нота Постоянного представительства Италии при ООН (Вена, Комитет по использованию космического пространства в мирных целях) от 12.12.2002 г. на имя Генерального секретаря, A/AC.105/803.*

поверхности Земли; при этом масса самых крупных и тяжелых фрагментов не должна была превышать значение 120 килограммов.

В целях предоставления АСИ максимально полной информации о возвращении BeppoSAX всем государствам, на территории которых могло произойти падение фрагментов (включая государства, воздушные или морские суда которых могут находиться в зоне 4^{o} ю.ш. – 4^{o} с.ш.), а также международным органам, регулирующим аэро- и морскую навигацию, профильным комитетам ООН, реализовали свои намерения:

a) ознакомили с наиболее вероятными прогнозами сроков входа BeppoSAX в атмосферу с последовательно уточняемым указанием временного окна падения спутника и всех других необходимых параметров спуска в атмосфере (район падения несгоревших фрагментов, оценка опасности человеческих потерь в вариантах включения (исключения) крупных концентраций населения и т.д.);

b) открыли в январе 2003 года специальный веб-сайт (его адрес доступен и в настоящее время: http://www.asdc.asi.it/bepposax/reentry/);

c) распространили информацию по дипломатическим каналам;

d) создали специальную группу по BeppoSAX, ответственную за получение данных и передачу информации заинтересованным государствам и компетентным международным организациям (Комитету по использованию космического пространства в мирных целях, Европейскому космическому агентству, Международной организации гражданской авиации, Международной морской организации и т.д.); с приближением расчётной даты эта группа осуществляла круглосуточное слежение за входом данного спутника в плотные слои атмосферы;

e) запросили заинтересованные государства о по возможности оперативном назначении местных координаторов, ответственных за получение и распространение предоставляемой информации и за принятие всех необходимых мер по защите населения.

Таким образом, согласно указанной вербальной ноте и являющемуся её неотъемлемой частью официальному техническому бюллетеню вышеуказанные сведения было предложено рассматривать только как предварительную информацию. Позднее были представлены и другие дополнительные данные, которые распространялись через указанный специальный веб-сайт и в различных СМИ.

Процедура отключения была спланирована с обеспечением полного соблюдения положений международных соглашений о предупреждении засорения космического пространства и обеспечения схода спутников с орбиты. В заднем топливном баке BeppoSAX на тот момент содержалось 26 кг гидразина (N_2H_4) и 0,5 кг газообразного азотного окислителя (GN_2). Расщепляющихся материалов на борту BeppoSAX не имелось. Основным требованием была пассивация всех источников неизрасходованной энергии на борту, чтобы предотвратить любой взрыв спутника до стадии возвращения в атмосферу. Так, на дату анализируемого доклада [2.12.2002] высота орбиты спутника составляла 403-409 км, и, учитывая фактические температурные условия и плотность атмосферы на этой высоте, его возвращение в плотные слои атмосферы (100 км) ожидалось весной 2003 года.

Этот прогноз связан с фактическим профилем изменения температуры и плотности атмосферы, который в свою очередь зависит от солнечной активности в ультрафиолетовой области спектра. В соответствии с одиннадцатилетним солнечным циклом солнечная активность снижалась. Однако неожиданный всплеск солнечной активности мог вызвать последующее увеличение плотности атмосферы, что привело бы к ускоренному вырождению орбиты BeppoSAX. Такой ход событий являлся хотя и маловероятным, но возможным, и самое большее, к чему он мог привести – это ускорить на один – два месяца срок возвращения в атмосферу. Напротив, более интенсивное, чем обычно, снижение солнечной активности могло отложить сход спутника на конец 2003 года.

Соответственно, цель исходного материала – ознакомить с общим сценарием возвращения спутника в атмосферу и оценить полезность информации для населения территорий тех государств, территорию которых могло затронуть это событие, а также международным органам, регулирующим аэро- и морскую навигацию, соответствующим комитетам ООН. Правительство Италии и АСИ, придавая особое значение сходу спутника BeppoSAX, организовали программу распространения информации об этом событии в периодически издаваемых докладах, которые предоставлялись по дипломатическим каналам и доводились до сведения общественности через действующий с января 2003 года специальный веб-сайт в интернете [http://www.asdc.asi.it/bepposax/reentry/].

Заключение

В общем докладе предложен к обсуждению ряд наработок комплексных исследований в области управления космическим движением и приложение средств моделирования аналогичных критичных сценариев. Приведён условный пример информационно-аналитического сопровождения в интересах

и системной интеграции формирования, применения и развития виртуальной семантической среды передовых высокоавтоматизированных (автономных) авиакосмических систем и комплексов [1-9].

Литература

1. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256 с.

2. Гудов Г.Н., Журавлева Н.Г., Карпов В.В., Масюков М.В., Уральсков В.А. О проблематике экологического аудита аэрокосмических объектов при управлении развитием крупномасштабных систем / MLSD'2018. – М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 2. С. 391-394.

3. Гудов Г.Н., Рожнов А.В., Масюков М.В., Уральсков В.А. Системно-стратегические исследования проблемных вопросов интеллектуализации транспортных систем: автономность и потребление энергии электромобилями / Труды 2-й Международной НПК «*Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей*». – Ростов н/Д.: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2018. С. 262-266. http://www.rgups.ru/site/assets/files/38698/~ sbornik_transport_i_logistika.pdf.

4. Рожнов А.В., Карпов В.В. Разработка предложений по созданию единых технологий с перспективными источниками энергии в космической отрасли / MLSD'2016. – М., 2016. Т. 2. С. 150-154.

5. Лычев А.В., Рожнов А.В. Управление разработками и оценка эффективности производства изделий аэрокосмической отрасли на основе модели FDH // Решетнёвские чтения. 2017. № 21-2. С. 447-449.

6. Кричевский С.В. Экологическая история техники (методология, опыт исследований, перспективы). Монография. – М.: ИИЕТ РАН, 2007. - 160 с.

7. Гудов Г.Н., Рожнов А.В., Лобанов И.А. О новых средствах контрфактического прогнозирования и сопредельном потенциале информационно-аналитического обеспечения сложных систем / Материалы 16-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций» (Москва, 2017). – М.: ФКУ Центр «Антистихия» МЧС России, 2017. С. 263-268.

8. Lychev A. V., and Rozhnov A. V., "Advanced Analytics Software for Performance Analysis and Visualization of Financial Institutions," Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2017, Moscow). Moscow, Russia: IEEE, 2017. Vol. 2, pp. 133-137.

9. Ryvkin S. E., Rozhnov A. V., Lychev A. V., Lobanov I. A. et al., "Multiaspect modeling of infrastructure solutions at energy landscape as virtual semantic environment," Proceedings – 2017 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM 2017 and 2017 International Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics, ACEMP 2017. Brasov, Romania: IEEE, 2017, pp. 935-940.

УПРАВЛЯЕМЫЕ КОГЕРЕНТНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПРОЦЕССАХ МОНИТОРИНГА ЖИДКИХ СРЕД

Маклаков В.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vvmaklakov@mail.ru

Аннотация: В работе рассмотрены управляемые когерентные эффекты, которые реализуются путем модуляции фазы излучения. Показано, что таким образом возможно компенсировать помехи и повысить чувствительность методов.

Ключевые слова: управляемые когерентные эффекты, пассивные и активные помехи, модуляции фазы.

В работе [1] показана возможность создания когерентные помех. Однако в случае управления когерентными эффектами путем модуляции фазы такие помехи могут быть нейтрализованы. В данной работе рассматриваются когерентные эффекты подавления помех. Исследована и установлена закономерность, позволившая разработать новые технические решения для мониторинга процессов в жидких средах.

Цель данной работы – разработка когерентных методов и новых технических решений для мониторинга процессов в жидких средах, а также повышение чувствительности и помехозащищенности систем контроля.

В основе предложенного метода лежат новые радиофизические эффекты. В случае динамики структур любой природы в поле когерентного излучения они одинаково хорошо обнаруживаются путем модуляции фазы когерентных волн. Модуляция фазы осуществляется специально разработанным для этого устройством – триггером фазы. Информация о динамике процессов формируется в величине интенсивности волны суперпозиционного когерентного электромагнитного поля. Данные радиофизические эффекты позволили синтезировать алгоритмы и специальные программные средства подавления помех при мониторинге жидких сред.

Рассеянные когерентные волны смешиваются с опорной когерентной волной, которая модулируется по фазе, что порождает бегущие волны интенсивности – интерференционные поля. Такие когерентные интерференционные поля характеризуются высокой степенью избыточности информации. Они не взаимодействуют с иными внешними электромагнитными полями (нарушается условие когерентности), т. е. с внешними помехами, и, в отличие от эффекта Доплера, содержат информацию о динамике процессов в различных средах [2].

Предложен и реализован способ формирования периодических фазовых структур путем создания устойчивых перевозбужденных состояний и использованием импульсов когерентных электромагнитных полей высоких энергий, что позволит создавать в объеме материалов локальные области с модуляцией $\Delta\xi$, т. е. получать фазовые неоднородности с заданным периодом и высоким разрешением [3].

Суммарное поле интенсивности $J(r)$ найдем, сложив $\psi_1(r, t)$ и $\psi_2(r, t)$ и умножив результат на сопряженную величину.

$$(1)\quad J(r) = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\left[\chi r + \Omega\tau + (\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{\pi}{2}\right]$$

где a_1, a_2 – амплитуды когерентных волн; φ_1, φ_2 – их фазы; $\chi = \varphi_1 - \varphi_2$; $\Omega = \omega_2 - \omega_1$; r – размер ячейки, воспринимающей информацию.

Выражение описывает плоскую бегущую когерентную волну интенсивности. Получено математическое выражение, описывающее интенсивность когерентного сигнала J.

$$(2)\quad I_S = \begin{cases} I_b \sin c^2\left[\pi \dfrac{\Lambda n V t}{\lambda}\right], & 0 \le Vt \le d \\ I_b\left[1 - \dfrac{d}{Vt}\right]^2, & Vt \ge d \end{cases}$$

где V – скорость объекта; d – размер объекта; t – время.

Допустим, размеры структур много меньше поля зрения. Пусть на структуры падает сферическая волна, тогда волна на приемнике будет содержать информацию о динамике структур и запишется в следующем виде:

$$(3)\quad F = \int_{\varphi=0}^{2\pi}\int_{r=0}^{R} \exp\left(i\frac{\pi}{\lambda l} r^2\right)\exp(k + ip) r\,dr\,d\varphi$$

Поле зрения считается разбитым на N независимых ячеек, излучающих волны $\exp(i\varphi k)$; φ_1 – сдвиг фазы, вносимый объектом; ξ – шум, вызванный нестационарностью структур.

Мощность, падающая на приемник:

$$\begin{aligned} W = FF^* &= \left[\sum_{k=1}^{N} \exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1 + \Psi_1)) + \xi\right]\times \\ &\times\left[\sum_{k=1}^{N} \exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1 + \psi_1)) + \xi^*\right] = \\ &= N + \sum_{p\ne q}^{N} \exp(i(\varphi_p - \varphi_q)) - \sum_{k}^{N} \exp(i(\varphi_k - \varphi_1)) - \sum_{k}^{N} \exp(-i(\varphi_k - \varphi_1)) + |\xi|^2 - \\ &- 2\cos(\psi_1) + \sum_{k}^{N} \exp(i(\varphi_k - \varphi_1 - \psi_1)) + \sum_{k}^{N} \exp(-i(\varphi_k - \varphi_1 - \psi_1)) + \\ &+ \xi\left[\sum_{k}^{N} \exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(-i(\varphi_1 + \psi_1))\right] + \\ &+ \xi^*\left[\sum_{k}^{N} \exp(i\varphi_k) - \exp(i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1 + \psi_1))\right] \end{aligned} \quad (4)$$

Средняя мощность, падающая на приемник:

$$(5)\quad E(W) = E(FF^*) = N + D(\xi) - 2\cos(\varphi_1)$$

где $D(\xi)$ – дисперсия шума нестационарного рельефа; W – мощность падающей волны.

При динамике структур мощность, падающая на приемник, начнет изменяться. Это изменение и несет информацию о движении объекта. Оценим средний модуль этого изменения, который соответствует средней энергии информационного сигнала.

В этом случае:

(6) $$W = N + \sum_{p \neq q}^{N} \exp\left(i\left(\varphi_p - \varphi_q\right)\right) + 4\sin\left(\frac{\psi_1}{2}\right)\sum_{k}^{N}\cos\left(\left(\varphi_k - \varphi_1 - \psi_1\right)\right) - 2\cos\left(\psi_1\right)$$

Дисперсия этого выражения при движении объекта, а следовательно, ψ1

(7) $$D = E\left[4\sin\left(\frac{\psi_1}{2}\right)\sum_{k}^{N}\cos\left(\varphi_k - \varphi_1 - \psi_1\right)\right]^2 = 16\sin\left(\frac{\psi_1}{2}\right)\frac{1}{2}N$$

Таким образом, информационный сигнал подвижного объекта запишется в следующем виде:

(8) $$I_0 = 2\sqrt{2N}\left|\sin\left(\frac{\psi_1}{2}\right)\right|$$

где I0 – средняя энергия информационного сигнала объекта N – энергия всего сигнала.

Из этого выражения видно, что переменный во времени сигнал динамических структур усиливается пропорционально корню интенсивности постоянного во времени когерентного излучения. Однако для практических нужд достаточно ограничиться некоторой конечной областью.

Для определения соотношения сигнал/шум оценим колебания энергии на приемном устройстве в случае динамических структур.

(9)
$$\begin{aligned}
&\xi\left[\sum_{k}^{N}\exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(-i(\varphi_1+\psi_1))\right] + \\
&+ \xi^*\left[\sum_{k}^{N}\exp(i\varphi_k) - \exp(i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1+\psi_1))\right] + \\
&+ \xi\left[\sum_{k}^{N}\exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(-i(\varphi_1+\psi_1))\right] + \\
&+ \xi^*\left[\sum_{k}^{N}\exp(i\varphi_k) - \exp(i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1+\psi_1))\right] = \\
&= \xi\left[\sum_{k}^{N}\exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(-i(\varphi_1+\psi_1))\right] + \\
&+ \xi^*\left[\sum_{k}^{N}\exp(i\varphi_k) - \exp(i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1+\psi_1))\right]^2
\end{aligned}$$

$$\left|\xi\left[\sum_{k}^{N}\exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(-i(\varphi_1+\psi_1))\right] + \xi^*\left[\sum_{k}^{N}\exp(i\varphi_k) - \exp(i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1+\psi_1))\right]\right| +$$

$$\left|\xi\left[\sum_{k}^{N}\exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(-i(\varphi_1+\psi_1))\right] + \xi^*\left[\sum_{k}^{N}\exp(i\varphi_k) - \exp(i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1+\psi_1))\right]\right| =$$

$$= \left|\xi\left[\sum_{k}^{N}\exp(-i\varphi_k) - \exp(-i\varphi_1) + \exp(-i(\varphi_1+\psi_1))\right] + \xi^*\left[\sum_{k}^{N}\exp(i\varphi_k) - \exp(i\varphi_1) + \exp(i(\varphi_1+\psi_1))\right]^2\right|$$

Математическое ожидание этого выражения равно

(10) $$2D(\xi)(N - 2\cos(\psi_1)) = 4ND(N - 2\cos(\psi_1))$$

где D – дисперсия шума одной элементарной ячейки структур.

Средняя энергия шума:

(11) $$\sqrt{4ND(N - 2\cos\psi_1)}$$

Пусть за время движения структур через поле зрения фаза элементарной ячейки структур распределена равномерно в интервале (-1, 1).

Из выражения (11) видно, что влияние нестационарности внешней среды на информационный сигнал объекта является незначительным.

В работе показано, что в случае управления когерентными эффектами помехи компенсируются. Управляемые когерентные эффекты открывают возможность создать новый класс методов контроля динамики структур различных сред.

Литература

1. *Федосов Е., Горохов В., Зданович И., Слатин В.* Когерентные помехи как эффективное средство защиты авиационных комплексов // Радиоэлектронные технологии. 2016, №1
2. *Скотт Э.* Нелинейная наука. Рождение и развитие когерентных структур. – М.: Физматлит. 2007.
3. *Бутковский А.Г.* Управление квантово-механическими процессами. – М.: Наука. 1984.

О ПРИМЕНЕНИИ КОНСТРУКЦИИ СВЯЗКИ ГРУПП ПОДСТАНОВОК ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КИБЕРУСТОЙЧИВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Максимовский А.Ю.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
maximay62@ipu.ru

Аннотация: Для информационно-управляющих систем (ИУС), компоненты которых, моделируются автоматами с биективными частичными функциями переходов, предложена конструкция связки групп подстановок, ассоциированной с данной системой. Получены требования к компонентам связки групп подстановок, ассоциированной с ИУС, чтобы обеспечить устойчивость ИУС от внешних воздействий.

Ключевые слова: группа подстановок, подпрямое произведение, киберустойчивость информационных систем.

При решении проблем обоснования киберустойчивости к внешним воздействиям информационно-управляющих систем (ИУС), при моделировании которых применяются конечные автоматы с биективными частичными функциями переходов возникает необходимость изучения свойств групп таких автоматов по следующим направлениям. Во-первых, необходимо уметь прогнозировать способность этой системы сохранять способность управлять (передавать управляющую информацию) своими состояниями при условии, что часть состояний вышла из строя и не реагирует на управляющие сигналы. Данная задача эквивалентна задаче определения и поиска условий достижения максимального значения транзитивности группы автомата. Во-вторых, существенно влияют на киберустойчивость ИУС специфические для групп подстановок свойства группы автомата - примитивность (импримитивность). В частности, импримитивность группы может привести к существенному ограничению маневра при управлении компонентами ИУС и, как следствие, к расширению возможностей нарушителя при проведении атак на систему. Наконец, наличие нетривиальных нормальных делителей группы автомата является признаком возможности дискредитировать систему при помощи использования управляемых извне гомоморфных образов.

Пусть C – система, содержащая s подсистем $C_1, \dots C_s$. Каждая подсистема $C_i, i = 1, \dots, s,$ имеет множество состояний K_i, и моделируется автоматом, у которого все частичные функции переходов биективны и полугруппа H_i действует как группа подстановок множества K_i. Управление подсистемами $C_i, i = 1, \dots, s,$ описывается действием группы подстановок G на множестве Δ состояний системы C. При этом выполнены условия: $K \supseteq K_1 \cup \dots \cup K_s, K_i \cap K_j = \emptyset, i \neq j,$ и (для обеспечения управления) $\Delta \cap K_j \neq \emptyset, j = 1, \dots, s.$ Таким образом, для описания свойств системы C целесообразно исследовать группу подстановок F, которая порождена группой G, действующую на множестве $\Delta \subset K$, и подпрямым произведением (см. [1]) групп H_1,…, H_s. Группу F, конструкция которой описана выше, назовем связкой групп H_1,…, H_s с помощью группы G и обозначим $F = G\{H_1, \dots, H_s\}$. Если подпрямое произведение групп H_1,…, H_s является прямым произведением этих групп, то будем называть свободной связку групп H_1,…, H_s с помощью группы G и обозначать $F = G[H_1, \dots, H_s]$. Использование конструкции связки групп подстановок в ряде случаев оказывается более удобным по сравнению со сплетением или экспоненцированием групп подстановок (см., например, [2 - 4]), в частности, потому, что подгруппа связки групп подстановок может, в свою очередь, оказаться связкой групп подстановок, действующей на множестве меньшей мощности, и это может использоваться при переходе от системы C к рассмотрению ее подсистем, обладающих необходимыми свойствами с точки зрения обеспечения информационной безопасности (см. [5]).

Будем предполагать, что группы H_1,…,H_s транзитивны на множествах $K_1, \dots, K_s$, соответственно. Обозначим $\Delta(G) = \{\Delta(1), \dots, \Delta(t)\}$ множество орбит группы G. Определим два графа для изучения связей между множествами $\Delta(i), i \in \{1, \dots, t\}$ и $K_j, j \in \{1, \dots, s\}$:

- граф Γ_K, у которого $\{1, \dots, s\}$ - множество вершин, и пара (i, j) является ребром, если найдется такое множество $\Delta(q), q \in \{1, \dots t\},$ что $K_i \cap \Delta(q) \neq \emptyset$ и $K_j \cap \Delta(q) \neq \emptyset$;
- граф Γ_Δ , у которого $\{1, \dots, t\}$ - множество вершин, и пара (p, q) является ребром, если найдется такое множество $K_j, j \in \{1, \dots, s\}$, что $K_j \cap \Delta(p) \neq \emptyset$ и $K_j \cap \Delta(q) \neq \emptyset$.

Утверждение 1. Группа F транзитивна на множестве K тогда и только тогда, когда выполнены два условия: $K = K_1 \cup \dots \cup K_s \cup \Delta_1 \cup \dots \cup \Delta_t$, и графы Γ_K и Γ_Δ являются связными.

Следствие 1. Если группа F транзитивна, то стабилизатор $G_{K'}$ множества $K' = K \backslash (K_1 \cup \dots \cup K_s)$ в группе G является единичной группой.

Приведем ряд достаточных условий примитивности группы F.

Следуя [6], будем называть подпрямое произведение групп $H_1,\ldots,H_s$ транзитивным, если для любых различных наборов элементов $a_1,\ldots,a_s$ и $b_1,\ldots,b_s$ где $a_i,b_i \in K_i, i \in \{1,\ldots,s\}$, найдется такая подстановка h в подпрямом произведении $H_1,\ldots,H_s$, что $h(a_i) = b_i, i \in \{1,\ldots,s\}$.

Утверждение 2. Пусть группы $H_1,\ldots,H_s$ транзитивны на множествах $K_1,\ldots,K_s$, соответственно, и группа G такая, что свободная связка $G[H_1,\ldots,H_s]$ транзитивна. Тогда группа $G[H_1,\ldots,H_s]$ примитивна в каждом из следующих случаев:

1) мощность множества K_i для некоторого $i \in \{1,\ldots,s\}$ взаимно проста с $|K|$ и превосходит максимальный собственный делитель числа $|K|$;

2) мощности множеств $K_1,\ldots,K_s$ взаимно просты с $|K|$, и сумма мощностей любых двух из множеств $K_1,\ldots,K_s$ превосходит максимальный собственный делитель числа $|K|$;

3) для некоторого $i \in \{1,\ldots,s\}$, группа H_i примитивна на K_i и мощность множества K_i для некоторого i$\in$ {1,...,s} превосходит максимальный собственный делитель числа $|K|$.

Утверждение 3. Пусть подпрямое произведение примитивных групп подстановок $H_1,\ldots,H_s$ транзитивно, и группа G содержит подгруппу G', орбиты которой обладают свойствами:

1) для некоторого $i \in \{1,\ldots,s\}$ G' имеет орбиту $\omega \subset K_i$, при этом $\omega \neq K_i$ и, кроме того, G' имеет орбиту ω' такую, что $\omega' \cap K_i = \emptyset$;

2) объединение орбит $\omega(1),\ldots,\omega(r)$ группы G' таких, что $\omega(j) \cap K_i \neq K_i, \omega(j) \cap K_i \neq \omega(j)$, $j \in \{1,\ldots,r\}$, причем $\omega' = \omega(1)$;, и множеств K_{i_m}, имеющих непустое пересечение с орбитами из множества $\{\omega(1),\ldots,\omega(r)\}$, имеет мощность, которая превосходит любой собственный делитель числа $|K|$.

Тогда группа $F = G\{H_1,\ldots,H_s\}$ примитивна.

Приведем ряд достаточных условий кратной транзитивности примитивной группы F.

Утверждение 4. Пусть $F = G\{H_1,\ldots,H_s\}$ - примитивная связка групп, действующая на множестве K. Тогда если группа G содержит подгруппу G', для которой связка групп $G'\{H_{i_1},\ldots,H_{i_n}\}$, $1 < n < s$, действует транзитивно на множестве $K' \subset K$, причем $|K'| \leq |K \backslash K'|$, то группа F трижды транзитивна. Если дополнительно выполнено условие $|K'| < |K \backslash K'|$, то группа F содержит знакопеременную группу $A(K)$ подстановок множества K.

Результат утверждения 3 позволяет гарантировать киберустойчивость рассмотренных в докладе классов информационно-управляющих систем по отношению к описанным выше видам внешних воздействий.

Приведем еще один результат в этом направлении для свободной связки групп подстановок.

Утверждение 5. Пусть $F = G\{H_1,\ldots,H_s\}$ – свободная связка примитивных групп $H_1,\ldots,H_s$, действующая на множестве K, и группа G содержит цикл $(a_1,\ldots,a_s)$, где $a_i \in K_i, i \in \{1,\ldots,s\}$. Тогда группа F содержит знакопеременную группу $A(K)$ подстановок множества K.

Следствие 2. В условиях утверждения 4 и четном s группа F совпадает с симметрической группой $S(K)$ подстановок множества K.

Для дальнейших исследований представляет интерес поиск оптимальных решений как при выборе групп $G, H_1,\ldots,H_s$, так в условиях применения нарушителем более обширных классов внешних, а также и внутренних неблагоприятных воздействий.

Литература

1. *Холл М.* Теория групп: Пер. с англ. – М.: Изд. иностр. лит., 1962. – 468 с.
2. *Погорелов Б.А*. Основы теории групп подстановок. Часть 1. Общие вопросы. М., 1986. - 316 с.
3. *Баннаи Э. , Ито Т.* Алгебраическая комбинаторика М.: Мир, 1987, 376 с.
4. *Калужнин Л.А., Клин М.Х., Сущанский В.И*. Экспоненцирование групп подстановок, 1. – Изв. вузов. Матем ., 1979, № 8, С. 26-33.
5. *Калашников А.О., Максимовский А.Ю.* Об оценке эффективности аддитивной ролевой модели контроля защищенности систем. //Информация и безопасность. 2019. Том 22. – № 1 (4). – С. 22-29.
6. *Федюкин М.В.* О подпрямых произведениях примитивных групп. - Труды по дискретной математике. Т. 7. - М.: Физматлит, 2003, С. 213-226.

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЯХ

Максимов Ю.В., Максимов Д.Ю., Легович Ю.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
jhanjaa@ipu.ru, dmmax@inbox.ru, legov@ipu.ru

Аннотация: Приводится обоснование необходимости постоянного мониторинга такого показателя качества электроэнергии, как уровень гармонических составляющих. Предлагается подход к проектированию фильтров сетевых гармоник и способ реализации мониторинга их уровня в поставляемой электроэнергии с определением источника их возникновения.

Ключевые слова: качество электроэнергии, мониторинг качества электроэнергии, фильтры гармоник.

Введение

С развитием электроэнергетических сетей сформировались определенные требования к качеству электроэнергии, предлагаемой поставщиками потребителям. Сформулированные показатели качества электроэнергии регламентируются национальными и международными стандартами на каждом уровне сетевой инфраструктуры (например, для низковольтных сетей общего пользования межгосударственный стандарт ГОСТ 32144-2013 [1] или европейский региональный стандарт EMC61000-3-12 [2]). При этом выполнение требований к качеству электроэнергии зависит как от поставщиков, так и от потребителей энергии, что приводит к необходимости применения специальных мер обеими сторонами. Так что вопрос о виновнике снижения качества поставляемой электроэнергии, особенно в случае, когда к одному источнику подключены несколько потребителей, далеко не всегда является очевидным. Средством разрешения такого рода конфликтов является непрерывный мониторинг качества электроэнергии, позволяющий, в том числе, определить и причину снижения качества.

Среди различных показателей качества электроэнергии уровень гармонических составляющих представляет по ряду причин особый интерес для мониторинга. Прежде всего потому что повышенный уровень гармонических составляющих в низковольтных сетях создает помехи, негативным образом влияющие на работу подключенного к сети оборудования потребителей. Кроме того возрастание уровня гармоник приводит к дополнительным потерям электроэнергии, за которые приходится платить. И наконец, потому что представляет определенные трудности решение вопроса о том, кто является виновником его повышения. В связи с этим в данной статье акцентируется внимание лишь на мониторинге именно уровня гармонических составляющих в поставляемой энергии в сетях низкого напряжения, непосредственно используемых потребителями.

1 Фильтры гармоник в системе мониторинга качества электроэнергии

Основным источником гармоник в электросети являются нелинейные нагрузки, создаваемые оборудованием, подключаемым к сети потребителями. Эффективным средством снижения уровня гармоник в сети является применение специальных фильтров гармоник. Однако использование фильтров гармоник предполагает выполнение определенных требований, обусловленных в первую очередь спецификой нелинейной нагрузки. Эти требования формируют подход к разработке фильтров, пригодных к применению в рассматриваемых ситуациях. Предлагаемый в данной работе подход к проектированию фильтров гармоник заключается в использовании фильтров-прототипов низких частот, нагруженных с одной стороны [3], что вполне оправдано в случаях, когда сопротивление нагрузки фильтра значительно отличается от внутреннего сопротивления источника энергии. Для электросетей это условие выполняется.

В работе [4] на примере использования трехфазного выпрямителя рассмотрено применение простейшей фильтрации для снижения уровня гармоник, создаваемых такой нелинейной нагрузкой. В качестве фильтра гармоник в одной из рассмотренных в работе [4] топологий трехфазного выпрямителя используется дроссель переменного тока с индуктивностью L=500мкГн. На рис.1 представлены топологии такого выпрямителя без фильтра (А) и с фильтром (В).

В соответствии с предлагаемым подходом к проектированию сетевых фильтров эту индуктивность можно рассматривать как элемент фильтра низких частот (ФНЧ), нагруженного с одной стороны. Такой однозвенный фильтр в соответствии с данными, приведенными в работе [4], подавляет 5-ая гармонику до уровня 49,6%, в то время как стандарт допускает значение не более 18,7%. Т.е. такой индуктивности явно недостаточно.

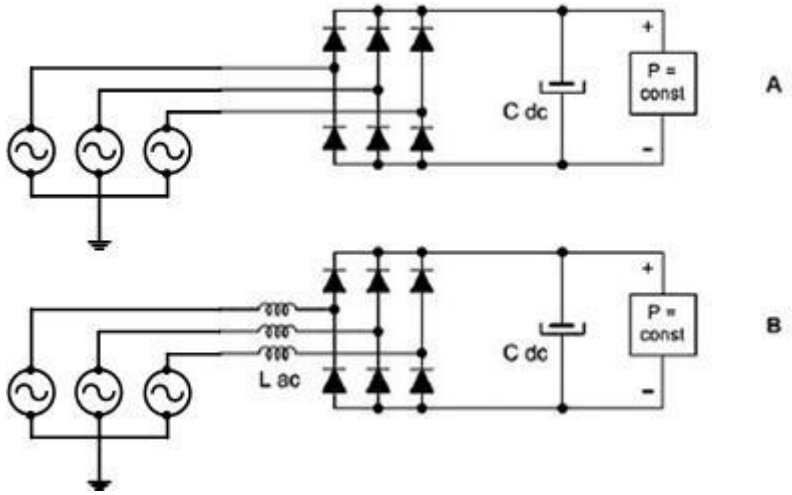


Рис. 1.

В цитируемой работе не предлагается дополнительных мер по дальнейшему снижению уровня гармоник в данном случае. Хотя выход очевидный –использовать фильтр с большим числом элементов. Действительно уже двухзвенный фильтр с максимально плоской частотной характеристикой даст ослабление 5-ой сетевой гармоники в 5 раз (до уровня, требуемого стандартом). 3-х фазный выпрямитель с двухзвенным *LC* фильтром переменного тока показан на рис.2.

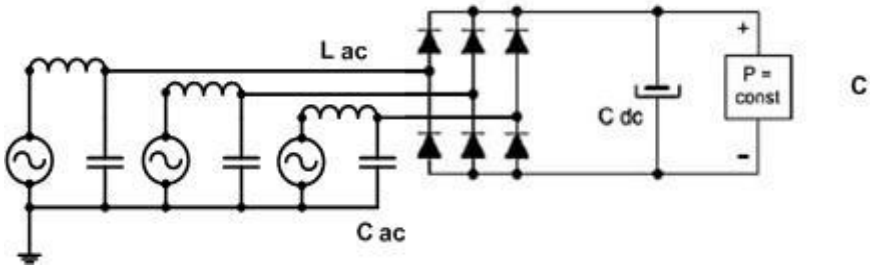


Рис. 2.

Контроль уровня гармоник с двух сторон фильтра позволяет определить, где эти гармоники образуются: со стороны источника электроэнергии или со стороны нагрузки. Необходимо, однако, обратить внимание еще на один аспект проектирования фильтров гармоник.

2 Особенности применения фильтров гармоник

При использовании сетевых фильтров гармоник необходимо принимать специальные меры по компенсации реактивной составляющей входной проводимости фильтра, наличие которой вызывает появление реактивной составляющей тока основной гармоники (что ведет к дополнительным потерям энергии). В случае применения фильтров, нагруженных с одной стороны, компенсация реактивной составляющей входной проводимости фильтра может быть реализована путем включения параллельно ФНЧ фильтра высоких частот (ФВЧ) таким образом, чтобы оба фильтра образовали диплексер со смежными полосами пропускания [5]. При определенном выборе элементов ФВЧ реактивная составляющая его входной проводимости в значительной мере компенсирует реактивную составляющую входной проводимости ФНЧ (на низких частотах). Наилучшая взаимная компенсация реактивных составляющих входных проводимостей фильтров достигается в случае расчета значений элементов фильтров, обеспечивающих максимально плоские частотные характеристики обоих фильтров. Выход ФВЧ (нагруженный определенным образом) может быть использован для мониторинга гармонических составляющих на входе ФНЧ.

Заключение

В заключение отметим, что требования к качеству электроэнергии формируются исходя из необходимости обеспечить электромагнитную совместимость при работе различного оборудования, подключаемого к сети потребителями. Эти требования находят отражение в договорах на поставку электроэнергии различным потребителям, что обуславливает необходимость постоянного

мониторинга качества поставляемой электроэнергии. Среди контролируемых параметров качества электроэнергии не последнюю роль играет уровень сетевых гармоник, для подавления (фильтрации) которых необходимо применять специальные меры. Определенные меры должны быть приняты и при мониторинге уровней гармонических составляющих в сети. Авторы надеются, что предложенные в данной работе подходы к решению этих вопросов помогут и разработчикам сетевых фильтров гармоник, и организаторам мониторинга качества электроэнергии обеспечить бесконфликтное взаимодействие поставщиков электроэнергии и ее потребителей.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. // http://docs.cntd.ru/document/1200104301
2. IEC 61000-3-12: Electromagnetic compatibility (EMC), Part 3-12: Limits for harmonics current produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16A and < 75A per phase. // IEC. Dec. 2011. https://webstore.iec.ch/publication/4144
3. *Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т.* Фильтры свч, согласующие цепи и цепи связи, т.1. – М.: Связь. 1971.–439с.
4. *Pietkiewicz A., Melly S.* Proper selection of passive and active power quality filters for the mitigation of mains harmonics // Jan. 2009. https://www.edn.com/design/power-management-design/4019563/Proper-selection-of-passive-and-active-power-quality-filters-for-the-mitigation-of-mains-harmonics
5. *Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т.* Фильтры свч, согласующие цепи и цепи связи, т.2.–М.: Связь. 1972.–495с.

СЕТЕВЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И КОНСАЛТИНГА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ: ОТ ИННОВАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ К ЭКОСИСТЕМАМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПЛАТФОРМАМ

Марача В.Г.

РАНХиГС при Президенте РФ, НИЯУ МИФИ,
Финансовый университет при Правительстве РФ

Аннотация:Данная тема имеет концептуальное измерение (на которое указывает ее формулировка) и проектное измерение: совершенствование внутренней организации сообщества консультантов по управлению как инновационного сообщества, ценностью которого является повышение качества управления, формирование научно-образовательно-консультационного кластера (НОК-кластера) в Москве и сетевой инновационной экосистемы в регионах, ядром которых является Национальная гильдия профессиональных консультантов (НГПК).

Концептуальное измерение

Одной из ключевых для современного мира, вступившего в эпоху «экономики, основанной на знаниях», «цифровой трансформации» и «сетевизации», становится проблема построения устойчиво функционирующей и развивающейся крупномасштабной системы «наука – образование – общественная практика». В прежние, «более стабильные» времена важнейшую роль в обеспечении целостности данной системы играла философия, задававшая единую для ее трех основных элементов картину мира (онтологию). Однако, в современную эпоху философия:

1) уступила влияние на образование и практику другим формам общественного сознания;

2) перестала быть «царицей наук»;

3) перестала претендовать на задание единой онтологии (в частности, под влиянием постмодернизма).

Ответом на данный стратегический вызов стало появление в конце XX – начале XXI веков новых форм взаимодействия науки, образования и общественной практики, к числу которых в практике инновационной деятельности можно отнести инновационные кластеры и экосистемы. Эти новые формы взаимодействия характеризуются:

1) новыми механизмами организации – сетевыми (в отличие от «вертикальных» иерархических и «горизонтальных» рыночно-договорных);

2) новым типом управления – Governance (в отличие от Control, Administration, Management etc.);

3) новым принципом институциональной организации – «тройной спиралью» (Triple Helix), подразумевающим сотрудничество институтов бизнеса, науки/образования и государства.

Уже существуют передовые образцы практики, когда вышеупомянутые новые формы «проецируются» на институты науки и образования: например, когда инновационные кластеры и экосистемы образуются вокруг научных центров и университетов, или когда сами университеты строятся по принципам кластерной организации, системно объединяя образование, науку и инновационную деятельность внутри себя (т.н. «университеты научно-технологического развития», которые являются следующим поколением университетов после «классических», «научно-исследовательских» и «предпринимательских»).

Для обеспечения искомой целостности и устойчивости эти новые формы требуют своего системного описания, изучения и построения типологии, позволяющей, в частности, своевременно диагностировать переход одних форм в другие. Это важно в том числе для предотвращения целенаправленной подмены одних форм другими (в частности, сетевых – иерархическими), чем часто грешат государственные органы, осуществляющие стимулирование формирования инновационных кластеров и экосистем. Как когда-то в экономике были выработаны «правила игры» против монополизма, так и для устойчивого функционирования и развития инновационных кластеров и экосистем необходимы «правила игры», предотвращающие доминирование какого-либо одного стейкхолдера (в частности, государства).

В современной экономике, основанной на знаниях, важнейшее значение приобретает инновационное развитие управления. В этом контексте особый интерес представляет практика управленческого консалтинга, порождающая и/или поддерживающая подобные инновации. В этом случае проблема построения устойчиво функционирующей и развивающейся крупномасштабной системы «наука – образование – общественная практика» трансформируется в вопрос об эффективных формах организации взаимодействия науки, образования и консалтинга, обеспечивающих повышение качества управления. Сетевые формы подобного взаимодействия могут варьироваться от инновационных кластеров до экосистем и технологических платформ, что порождает вопрос об описании и типологизации соответствующего отечественного и зарубежного опыта.

Проектное измерение

На Круглом столе будет представлен замысел совершенствования внутренней организации Национальной гильдии профессиональных консультантов (НГПК), связанный с запуском процессов сертификации и обучения, сопряженных с формированием научно-образовательно-консультационного кластера (НОК-кластера) и его цифровой инфраструктуры (на примере управления знаниями через корпоративный интеллект – платформу Wikivote), а также межрегиональной сети, построенной по принципам инновационной экосистемы. При участии представителей вузов и научных организаций – действующих и потенциальных партнеров НГПК по НОК-кластеру – будут проанализированы трудности и барьеры, возникающие на этом пути.

Литература

1. *Марача В.Г.* Консалтинг в рамках нормативной организации сферы управления // Практика и методология консалтинга. Ежегодный сборник Национальной Гильдии Профессиональных Консультантов Российской Федерации. – М.: Ваш полиграфический партнер, 2012. С. 46–83.
2. *Марача В.Г.* Формирование научно-образовательно-консультационных кластеров: идея и принципиальная схема // Инновационные подходы в управлении и консалтинге: обучающий консалтинг. Материалы Шестого международного Форума (Одинцово, Московская область, 26–27 ноября 2010 г.). Отв. ред. Л.В. Чукина. – М.: Ваш полиграфический партнер, 2011. С. 118–123.
3. *Марача В.Г., Красникова Т.С.* Эволюция форм организации инновационного процесса: переход к коллаборативным сетям и «кластерная организация управления» // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2017): труды Десятой междунар. конфер., 2–4 окт. 2017 г., Москва: в 2-х т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Т. 2: секции 7–13. – М.: ИПУ РАН, 2017. С. 376–383.
4. *Чукина Л.В.* Научно-образовательно-консультационный кластер как новая инфраструктурная форма на рынке образования и консалтинга. Тезисы доклада на Круглом столе «Управленческое консультировние как ресурс инновационного развития» // Международная конференция «Россия и мир: 2012–2020». РАНХиГС при Президенте РФ, 20 января 2012 г.

АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ В РЕГИОНАЛЬНОМ И ГОСУДАРСТВЕННОМ МАСШТАБАХ

Мойланен Е. В., Павлов Б.В., Каршаков Е.В., Волковицкий А.К., Гаракоев А.М.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65
moilanen@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются задачи повышения эффективности применения аэрогеофизических технологий для прогнозирования кимберлитовых тел. Выявлены преимущества использования электроразведки в комплексе с магнитометрическими методами при прогнозировании кимберлитовых трубок. Представлен сравнительный анализ эффективности использования электроразведки и магнитометрии на примере региональных алмазапоисковых работ в Анголе и Западной Якутии.

Ключевые слова: аэрокомплекс ЭКВАТОР, геофизика, кимберлитовая трубка

Введение

Вплоть до середины 2000-х магниторазведка выступала в качестве массового геофизического метода поиска кимберлитовых трубок. Данный метод позволял обнаружить сотни кимберлитовых тел, в том числе и крупные месторождения алмазов. Но тенденция за последние десятилетия показала, что поисковая эффективность метода пошла на спад. Рассмотрим в качестве примера аэрогеофизические алмазопоисковые работы последнего десятилетия в Анголе и Западной Якутии. Ангола является лидером по количеству открываемых ежегодно кимберлитовых тел и по приросту запасов алмазного сырья, при очень скромном бюджете алмазопоисковых работ [1, 2]. Напротив, в Западной Якутии в последнее десятилетие наблюдается заметный кризис в эффективности алмазопоисковых работ и, как следствие, серьезные проблемы в состоянии минерально-сырьевой базы. Из десяти промышленно-эксплуатируемых тел Якутской алмазононосной провинции четыре наиболее богатых в объемном содержании являются немагнитными.

1 Ангольский щит

В условиях Ангольского кристаллического щита удельные сопротивления трубки, в том числе ее кратера и диатремы, как правило, ниже сопротивления вмещающих пород (рис. 1). Трубки взрыва некимберлитовой природы и многочисленные интрузивные образования различного состава похожие по форме на тела кимберлитов обычно имеют более высокие сопротивления. Класс геологических помех, создающих «типично трубочные» магнитные аномалии гораздо шире, чем для аномалий сопротивлений [3].

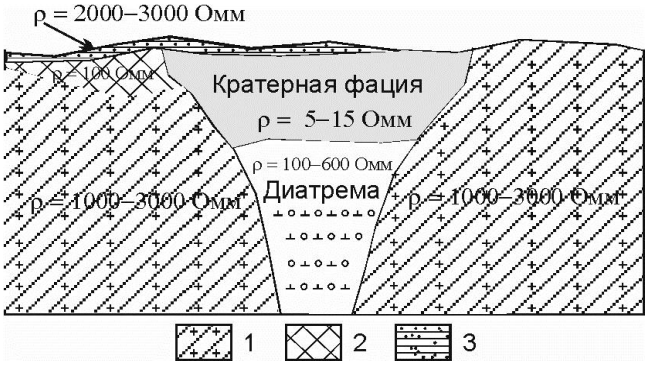


Рис.1. Схематическая геоэлектрическая модель кимберлитовых трубок в провинции Кванза-Сул (Ангола). 1 – вмещающие породы: гнейсы, кристаллические сланцы и кварциты (Ar-Pr1), 2 – коры выветривания по породам фундамента (Pr1), 3 – породы группы Калахари: песчаники, глины и конгломераты (P-N).

Приведем несколько примеров. Они будут касаться съемки выполненной в Анголе в 2013 г. на концессии Китубия. Для площади характерно огромное количество как положительных, так и отрицательных локальных магнитных аномалий, а количество локальных аномалий проводимости существенно меньше. Анализ электрических и магнитных свойств аномалий позволил надежно идентифицировать объекты кимберлитовой природы, даже в неблагоприятных условиях развития низкоомных латеритных кор выветривания мощностью 30-70 м. Это подтверждают результаты

проведенных в 2015 году заверочных буровых работ. Всего было заверено 18 аномальных объектов. На четырнадцати из них был вскрыт кимберлит.

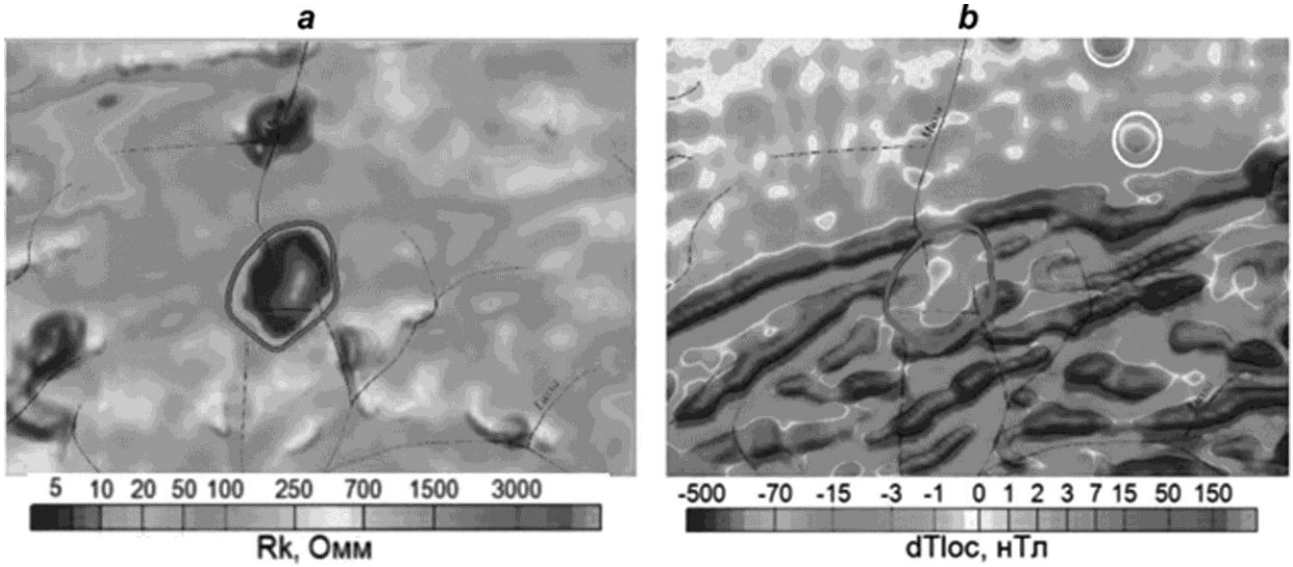


Рис.2. Трубка Лорелей – крупное (~ 1000 м) немагнитное алмазоносное кимберлитовое тело. a – карта удельных сопротивлений для эффективной глубины 30 м, b – карта локальной составляющей аномального магнитного поля

Крупное алмазоносное тело могло бы быть пропущено, если бы комплекс не содержал электроразведочного канала (рис.2).

2 Западная Якутия

Начиная с 2000 г. и по настоящее время в Якутской Алмазоносной Провинции (ЯАП) выполнен огромный объем работ кондиционной, по современным стандартам, высокоточной и детальной аэромагнитной сьемки. Все работы выполнялись в пределах площадей, шлихо-минералогическая обстановка на которых явно свидетельствовала о наличии алмазоносных кимберлитов. Выделены и заверены сотни магнитных аномалий трубочного типа, перспективных алмазоносных тел не выявлено. Современная магнитометрия способна надежно фиксировать очень слабые аномалии (доли нТл), которые потенциально могут связываться со слабомагнитными кимберлитовыми телами. Повышение чувствительности и разрешающей способности магнитной съемки, приводит к значительному росту аномалий–помех некимберлитовой природы. Возможности аэромагнитометрии в условиях Западной Якутии, как отдельного метода, для поисков кимберлитов практически исчерпаны [4]. В то же время в условиях ЯАП контрастность кимберлитов по электрическим свойствам, по сравнению с вмещающими породами карбонатного цоколя, существенно ниже по сравнению с Анголой. Трубки, как правило, значительно эродированы и не содержат низкоомных кратерных фаций. В определенных условиях по электрическим свойствам возможны пропуски кимберлитовых тел. Однако есть все основания считать, что массовая аэросъемка с использованием магнитного и электрического каналов, особенно в условиях, где трубки выходят на поверхность, или перекрыты отложениями Юры (I – III геотипы), может существенно повысить эффективность алмазопоисковых работ.

Рассмотрим работы на небольшом участке Мало-Ботуобинского района. Слабоинтенсивными линейными магнитными аномалиями и линейными локальными зонами повышенного и пониженного сопротивления хорошо определяются рудовмещающие области (так называемые зоны динамического влияния) рудоконтролирующих разломов. «Рой» этих линиаментов, преимущественно субмеридионального простирания по сути характеризует внутреннее строение рудоконтролирующих зон и определяет их внешние границы. Известные кимберлитовые тела зоны Западного разлома (трубки Амакинская, Ан.21 и жила Южная) явно тяготеют к зонам пониженного сопротивления.

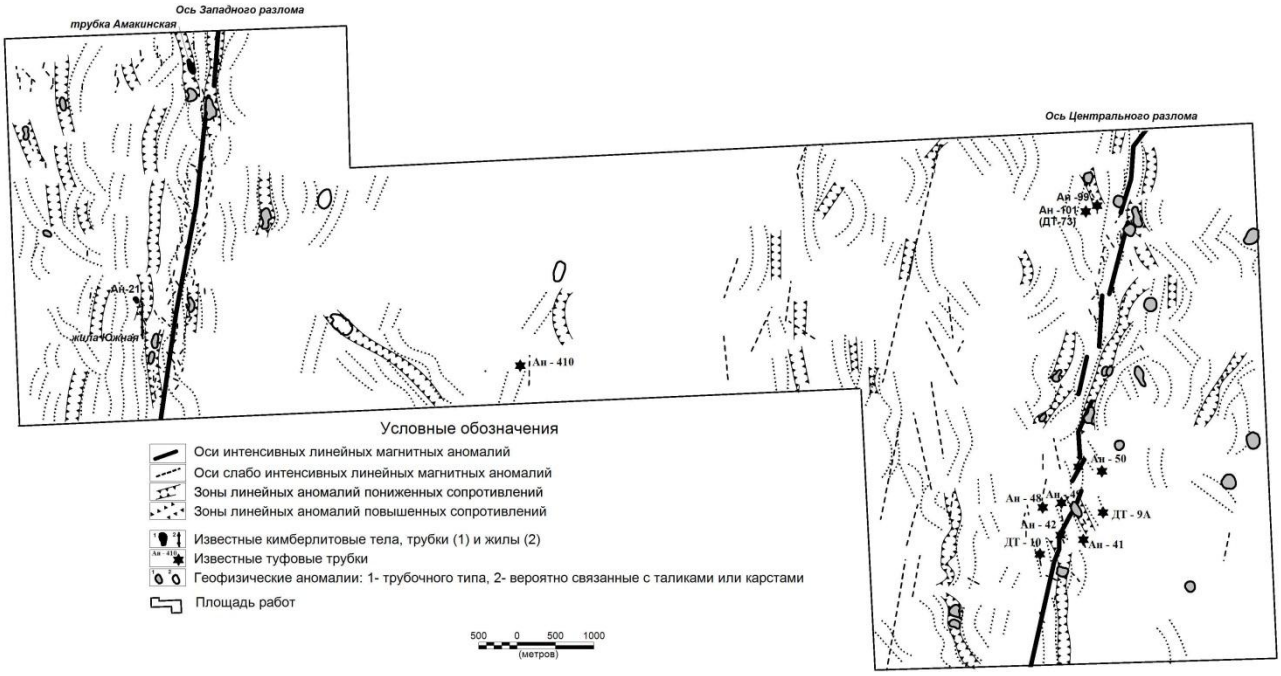


Рис. 3. Основные результаты работ системой ЭКВАТОР на участке работ в ЯАП.

Низкоинтенсивные осложнения магнитного поля и поля удельных сопротивлений надежно коррелируются между 3-5 линиями полета на расстоянии 100 м и более. Рудоконтролирующие зоны заметно отличаются от области с аномально низкой плотностью описываемых линиаментов, которую можно трактовать как область отсутствия рудовмещающих зон. По аналогии с тестовым объектом - тр. Амакинская - выделены перспективные аномалии (рис. 3). Большинство аномалий приурочены к перспективным рудовмещающим зонам пониженного сопротивления. Поисковые шурфы и скважины отсутствуют на значительном количестве выделенных аномалий.

Выводы

Использование аэрогеофизического комплекса из электроразведки и магниторазведки позволяет выявить кимберлитовые трубки в региональном масштабе за короткие сроки, тем самым обеспечив прирост минерально-сырьевой базы государства. В условиях Ангольского щита использование аэрогеофизики по результатам заверочных буровых работ дает очень хороший результат. Уверены, что подобные методики могут будут эффективны и на других древних щитах.

Особенностью ЯАП является очень низкий контраст геофизических характеристик кимберлитов по сравнению с вмещающими породами. Слабоконтрастными являются большинство кимберлитовых трубок Мирнинского поля как по электрическим, так и по магнитным характеристикам. Тем не менее аэрогеофизический комплекс надежно фиксирует эти слабоинтенсивные аномальные изменения, что позволяет выделять по комплексу признаков перспективные рудовмещающие зоны и локальные аномалии трубочного типа.

Массовое использование комплексных аэрогеофизических исследований в пределах перспективных площадей 1-3 геотипа, может существенным образом повысить эффективность алмазопоисковых работ в Западной Якутии, за счет надежного картирования рудовмещающих зон и обнаружения локальных аномалий трубочного типа.

Литература

1. *Pettit, W.*, Geophysical signatures of some recently discovered large (N40 ha) kimberlite pipes on the Alto Cuilo concession in northeastern Angola - Elsevier, Lithos, 112, 2009. 106-115.

2.Ustinov, V., Bartolomeu, A., Zagainy, A., Felix, J., Mikoev, I., Stegnitskiy, Yu., Lobkova, L., Kukui, I., Nikolaeva, E., Antonov, S., Kimberlites distribution in Angola and prospective areas for new discoveries - Mineralogy and Petrolgy, Springer Nature, 112, 2018. 383-396

3. *Macnae, J.*, Kimberlites and exploration geophysics - Geophysics, 44, 1979. 1395-1416.

4. *Зуев, В.М,* Пути совершенствования и трансформации методических подходов в поисковых методах алмазной геологии – Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения, г. Мирный, 2018. С. 272-276.

ФРАКТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ НОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ

Насонов А.Н.

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева», Россия

adn22@yandex.ru,

Кульнев В.В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Россия

kulneff.vadim@yandex.ru,

Цветков И.В.

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Россия

mancu@mail.ru

Для управления природопользованием и перехода к рациональному природопользованию необходимо оценить возможные риски нарушения стабильности развития экосистемы (экологические риски) на основе нормирования уровней антропогенной нагрузки по показателям устойчивости экосистемы. Это позволит маркировать режимы хозяйственной эксплуатации экосистем с учетом их толерантности не одним показателем состояния (ПДК, КИЗА, УКИЗВ, и пр.), а несколькими:

- Показатель избыточности антропогенных факторов, приводящих к "перегреву" экосистемы, по достижению которого необходимо понизить уровень антропогенной нагрузки, т.е. сменить режим хозяйственной эксплуатации экосистемы, чтобы не допустить ее бифуркации. Как вариант природоохранных мероприятий при этом – отказаться от технологий, нарушающих предельность техно-природного цикла из-за транспортирования в природную среду таких ингредиентов загрязнений, с которыми она самостоятельно справиться не может, [1;2]
- Показатель дефицита факторов (ресурсов) развития, приводящих к нарушению воспроизводимости экосистемы, по достижению которого необходимо полностью прекратить хозяйственную эксплуатацию экосистемы и приступить к ее рекультивации. В противном случае экосистема будет уничтожена за конечное время, [1;3].

Очевидно, что причиной дефицита ресурсов экосистемы, ее упрощения и утраты конкурентоспособности является нарушение предельности техно-природного цикла и, как следствие, развитие кризисных процессов, [1;2]. Именно поэтому одной из основных задач стратегии устойчивого развития РФ №151-р., обеспечивающей повышение стандартов социальных технологий при переходе к рациональному природопользованию, является внедрение новых малоотходных технологий с максимальной предельностью хозяйственного цикла.

Оценка нарушений предельности или нормативности хозяйственной эксплуатации экосистемы может быть осуществлена через нормирование по показателям устойчивости, для чего предлагаются следующие процедуры:

1. Считаем интегральное значение избыточности антропогенного фактора, как среднее значение фрактальных показателей процессов, формирующих смещения от оптимума в сторону усиления стохастичности состояний (с фрактальными показателями (*1,5 <D <2)*

$$D_{\text{ср}}^{k} = {\sum Dn}/{n} \qquad (1)$$

Показателем избыточности антропогенного фактора ("перегрева" экосистемы) будем считать соотношение:

$$D_{\text{ср}}^{k}/Dk \geq 1 \qquad (2)$$

2. Аналогично рассчитываем интегральное значение дефицита факторов развития, как среднее значение фрактальных показателей процессов, формирующих смещения от оптимума в сторону усиления детерминированности состояний (с фрактальными показателями (*1 <D <1,5)*

$$D_{\text{ср}}^{d} = {\sum Dm}/{m} \qquad (3)$$

Показателем нарушения воспроизводимости экосистемы будем считать соотношение:

$$D_{\text{ср}}^{d}/Dd \leq 1 \qquad (4)$$

Для идентификации групп антропогенных факторов риска необходимо проанализировать нормированные показатели нагрузок (2-4) с использованием решающих правил, табл.1

Табл.1- Правила ранжирования антропогенных факторов по показателям устойчивости экосистемы

Показатели нарушения устойчивости экосистемы	**Качественная оценка экологического риска**
Показатель избыточности факторов (антропогенный "перегрев" экосистемы) $D_{\text{ср}}^{k}/Dk \geq 1$	
<1	Низкий
1	Средний (предельно допустимый)
>1	Высокий
Показатель дефицита факторов (ресурсов) развития (нарушения воспроизводимости экосистемы) $D_{\text{ср}}^{d}/Dd \leq 1$	
<1	Высокий
1	Средний (предельно допустимый)
>1	Низкий

Из формул 1-4 следует, что замкнутому техно-природному циклу соответствует сумма нормируемых показателей по всему спектру антропогенных факторов равная 0 (антропогенные факторы компенсируются биотической составляющей). Чем более отлична от нуля эта сумма, тем сильнее выражено смещение состояний экосистемы от оптимума, трактуемого как непотревоженная биота, [4;5]

Представленные модели нормирования уровней антропогенной нагрузки по показателям устойчивости экосистемы могут быть эффективно использованы в структуре информационного обеспечения экологического мониторинга в задачах управления природопользованием, зонирования территорий, контроля состояний и динамики развития экосистем селитебных территорий, охраняемых природных ландшафтов.

Литература

1. *Арманд А.Д.* Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий // Устойчивость геосистем. М.: Наука, 1983. С. 14 – 32.
2. *Пелипенко О. Ф.* Системная экология: учебное пособие. - Ростов-На-Дону: Издательство Южного Федерального Университета, 2008. - 128 с.
3. *Арнольд В.И.* "Жесткие" и "мягкие" математические модели.- М.: МЦНМО, 2004.-32с.
4. D. V. Kozlov, A. N. Nasonov, I.V.Tsvetkov "Multifractal Principles of Aquatic Ecosystem Development Control by Algacenosis Correction" Water Resources Vol. 44, No. 2, 2017. pp. 259-267
5. *Насонов А.Н., Цветков И.В.,* Комплексная оценка природно-антропогенных объектов фрактальными методами / Сборник материалов 14 Всесоюзной научно-технической конф. Состояние и проблемы измерения, МГТУ им. Н.Э. Баумана:- 2017. с.70-73.

ВЫБОР ВАРИАНТОВ ОДНОРОДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ БОЛЬШОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Павловский И.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
pavlovskiy@ipu.ru

Аннотация: Доклад посвящен проблеме управления большими робототехническими комплексами различных классов гетерогенности. На основе анализа современных исследований в области робототехники выделен класс гетерогенности с изменяющимися функциями управления. Обозначена проблема однородного иерархического представления гетерогенных систем управления. Предложены варианты решения данной проблемы.

Ключевые слова: системная интеграция, целостность систем, гетерогенность систем управления, робототехнические комплексы и системы.

Введение

Перспективы развития роботов предполагают создание больших и многообразных по структуре и функциям робототехнических систем управления. Опираясь на положения теории систем многообразие (гетерогенность) таких систем управления можно рассматривать в следующих аспектах: гетерогенность внешней среды, гетерогенность структур (подсистем), гетерогенность элементов, гетерогенность связей между элементами, гетерогенность свойств элементов.

Гетерогенность связей между элементами системы управления во многом зависит от свойств этих элементов, которые также могут быть гетерогенными. Необходимо отметить, что данный аспект гетерогенности в настоящее время не находит должного внимания в научном сообществе в силу его слабой концептуальной проработанности.

В общем смысле под гетерогенностью в этом случае понимается способность (готовность) каждого робота (как элемента управления) перейти к одной из функций управления (измерительной, контрольной, выработки управляющего воздействия, исполнительной) в зависимости от изменяющейся обстановки в процессе управления. То есть, предполагается, что в каждом элементе системы управления потенциально заложена возможность выполнения нескольких функций управления.

Принципиальная особенность гетерогенной робототехнической системы управления (ГРТСУ) рассматриваемого класса гетерогенности заключается в возможности полного перестроения структуры таких систем управления. Вариантов таких перестроений может быть достаточно большое количество. Заранее оценить системность (целостность) возможных вариантов систем управления достаточно сложно даже для небольшого количества элементов. Для больших систем сделать это практически невозможно. Это означает, что оценка целостности построенной системы управления должна проводиться «внутри» системы управления в режиме реального времени.

Таким образом, в условиях изменения взаимосвязей между элементами в ГРТСУ важно обеспечить ее целостность как главное системообразующее свойство (закономерность), присущее любой системе.

1 Оценка целостности ГРТСУ

Суть целостности системы заключается том, что объединенные в систему элементы (части), как правило, утрачивают часть своих свойств, присущих им вне системы. Кроме того, элементы (части), попав в систему, могут приобрести новые свойства [1]. При этом отметим, что целостность всей системы обеспечивается существованием четких связей между элементами, сближение которых делает их совершенно необходимыми друг для друга в интересах системы [2].

В теории систем закономерность целостности рассматривается в тесной связи с закономерностью иерархичности, согласно которой наряду с первичностью системы как целого над ее элементами утверждается и принципиальная иерархическая организация системы [3].

Таким образом, целостность проявляется в системе в иерархических связях межу элементами, в которых отсутствуют противоречия.

Оценить целостность структуры такой разнородной системы как ГРТСУ возможно только в том случае, если структура ГРТСУ представлена однородными элементами и связями. В связи с этим актуальной является задача поиска однородных элементов и связей в ГРТСУ для формирования ее однородной иерархической структуры.

2 Элементарная система управления

Для решения поставленной задачи с точки зрения системного подхода в качестве системообразующего конструктивного элемента структуры ГРТСУ может быть рассмотрена элементарная система управления (ЭСУ). В ходе исследований определений основных понятий из общей теории управления [4] выявлены концепты управления, которые составляют содержательную основу ЭСУ (рис. 1).

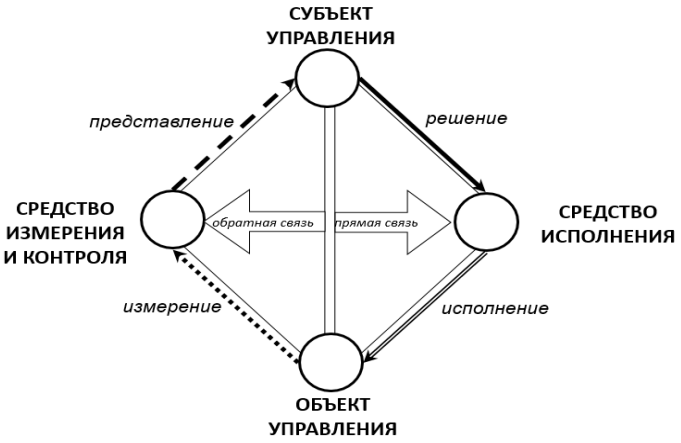


Рис. 1. Концептная модель ЭСУ

Так как по своей сути концептная модель ЭСУ представляет собой циклический граф, построить иерархическую структуру ИРТСУ на основе интеграции таких моделей, не представляется возможным.

3 Варианты однородных моделей ЭСУ

Исходя из сказанного, требует решения задача преобразования разнотипных концептов ЭСУ в однородные элементы и связи управления.

Автором рассмотрены четыре варианта решения данной задачи.

1. Введение однородной связи «воздействие», которая направлена к элементу «объекту управления» от других элементов управления.

2. Разрыв цикла управления путем исключения связи между элементами «объект управления» и «средство измерения и контроля».

3. Введение однородной связи «главный», которая направлена от элемента «субъект управления» к другим элементам управления.

4. Изменение направления связи между элементами «объект управления» и «средство измерения и контроля».

4 Сравнительный анализ вариантов однородного моделирования структуры ЭСУ

Для проведения сравнительного анализа предложенных вариантов использована методика структурно-топологического анализа [5].

В соответствии с данной методикой определяются следующие показатели структуры: структурная избыточность (R), структурная компактность (Q), централизация структуры (δ) и интегральный показатель (F_{Σ}).

Значение интегрального показателя рассчитывается в соответствии с выражением:

$$F_{\Sigma} = -k_1 R + k_2 Q + k_3 \delta, \quad (1)$$

k_1, k_1, k_3 – коэффициенты важности показателей.

Для определения значений коэффициентов в выражении интегрального показателя (1) можно использовать различные способы.

Один из способов – полагать показатели равнозначными, тогда значения коэффициентов важности равны между собой: $k_1=k_2=k_3$. Другой способ позволяет определить значения коэффициентов важности методом экспертного оценивания. Результаты расчета интегральных показателей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения интегральных показателей оценки вариантов однородной структуры ЭСУ

Варианты	$\mathbf{F^1_{\Sigma}}$	$\mathbf{F^2_{\Sigma}}$
1	0,495	0,66
2	0,419	0,56
3	0,495	0,66
4	0,307	0,22

Сравнительный анализ интегральных показателей показывают, что наилучшими вариантами структуры однородной модели ЭСУ являются два варианта: 1 и 3, для которых значения интегральных показателей максимальны (F^1_{Σ}=0,495; F^2_{Σ}=0,66).

Заключение

Настоящая статья является результатом исследований автора на протяжении ряда лет (в том числе в смежных предметных областях) [6-8]. На пути к дальнейшему осмыслению и решению проблемы оценки целостности перспективных ГРТСУ в стоящее время решается ряд научных задач:

- доработка методика структурно-топологического анализа в части уточнения смысла и расчетных соотношений для определения количественных значений показателей оценки структуры ЭСУ;
- в контексте интеграции однородных моделей ЭСУ в единую иерархическую структуру ГРТСУ наряду с оценкой модели каждого варианта ЭСУ возникла необходимость оценки интегративных свойств этих моделей;
- для учета совместного влияния двух оценок – оценки исходной однородной модели и оценки интегрированной модели на выбор варианта однородной модели структуры ЭСУ целесообразно ввести обобщенный показатель для этих оценок;
- учет влияния на выбор варианта однородной модели ЭСУ содержательного (качественного) аспекта, исходя из возможности интерпретации смысла ГРТСУ на основе выбранного варианта однородной модели ЭСУ.

Успешное выполнение приведенных направлений исследований сделает возможным приблизиться к максимально возможной реализации в перспективных ГРТСУ одного из важнейших принципов существования любой системы – принципа гетерогенности.

Литература

1. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов/Под ред. *В.Н. Волковой, В.Н. Козлова*. – М.: Высш.шк., 2004. – 616 с.

2. Марков Ю.Г. Функциональный подход в современном научном познании. Новосибирск: Наука, 1982. - 255 с.

3. Садовский В.Н. Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ. – М.: Наука, 1974.– 280с.

4. Теория управления. Терминология. Вып. 107. – М.: Наука, 1988. – 55 с.

5. Григан А.М. Управленческая диагностика: теория и практика: Монография /А.М. Григан. Ростов н/Д: Изд-во РСЭИ, 2009. 316 с.

6. Павловский И.С. Смысловая интеграция больших информационных ресурсов / Материалы 9-ой Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2016, Москва). М.: ИПУ РАН, 2016. Т. 2. С. 428-433.

7. I.S. Pavlovskiy, The semantic models of large terminological texts, Proceedings of the 10th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD), 2017, http://ieeexplore.ieee.org/document/8109667, DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109667.

8. I.S. Pavlovskiy, Hierarchical Structurization of the Terms Network for Integrity Evaluation of the Big Terminological Texts, Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD), 2018. https://ieeexplore.ieee.org/document/8551824, DOI: 10.1109/MLSD.2018.8551824.

МОНИТОРИНГ В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Пименов Н.А. [1], Терновсков В.Б. [1], Григорьев С.М. [1], Данилина М.В. [1], Овсяник А.И. [1], Резер А.В. [2], Воронцова Ю.В.[3], Аракелян А.М.[3]

[1]Кафедра БЖД, Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский пр., д. 49

NPimenov@fa.ru, VTernovskov@fa.ru, SGrigorev@fa.ru, MDanilina@fa.ru, AIOvsyanik@fa.ru

[2]Кафедра Финансы и кредит, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта", Россия, г. Москва,ул. Образцова, д. 9, стр. 9

alexrezer@mail.ru,

[3]Кафедра Управление организацией в машиностроении, ФГБОУ ВО "Государственный университет управления", Россия, г. Москва, Рязанский просп., вл. 99

jvms2008@yandex.ru, am_arakelyan@guu.ru

Аннотация: В современном мире особое значение приобретают вопросы мониторинга и стабильного и долгосрочного социально-экономического развития. Данная статья рассматривает такие понятия, как экономическая безопасность и обеспечение противодействия ее угрозам, пороговые значения индикаторов экономической безопасности и различные подходы к их формированию, инновационную деятельность как один из механизмов обеспечения развития экономики РФ.

Ключевые слова: мониторинг, экономическая безопасность, инновационная безопасность, инновационная политика, национальная безопасность, экономическое развитие, инновационная безопасность, международная экономическая безопасность, региональная экономическая безопасность, экономический рост, экономика.

В современных условиях, которые постоянно изменяются, очень остро ставятся проблемы, связанные с мониторингом и продолжительным социально- экономическим развитием. Становление инновационной экономики связано с экономической безопасностью. Ее обеспечение является условием успешного развития экономики в целом.Для более полного понимания такого явления, необходимо понимать определение инновационной экономики и условия, при которых она успешно функционирует. Под ней определяют определенный тип экономики, базисом которого являются информационные достижения и знания. Здесь, основным источником роста являются производство знаний, развитие IT – технологий, накопление человеческого капитала. В данном виде экономики существуют несколько основ, базисов. Это объясняется неопределенностью ключевого понятия такого типа экономики – инновации.

Способность к самостоятельному существованию инноваций формируется за счет концентрации финансов. Они являются результатом осуществленной инновационной деятельности, которая обуславливается организационным, финансовым, технологичным, производственным и маркетинговым процессами, в следствии которых идеи переходят в технологически инновационные товары и услуги.[101] Именно инновации, получающиеся в результате инновационной деятельности, должны становится важнейшим движущим элементом сложившегося на данный момент хозяйственного уклада или главной базой национальной безопасности государства. Можно сделать вывод, что при призыве государства к формированию инновационной экономики (в виде политиков и чиновников) они стараются не только увеличить применение последних достижений в области науки, но и увеличить количество вложений в данные достижения. Это также подразумевает предотвращение оттока капитала из страны.[102]

В соответствии с этим, можно определить главную цель экономической безопасности и механизма ее обеспечения – это усиление национальной системы и ее противостояние любым возникающим угрозам. Любой механизм обеспечения экономической безопасности выражается в желании властей государства и региона достижения состояния стабильности и устойчивости различных

[101] *Воронцов С.А., Штейнбух А.Г. О необходимости совершенствования подходов к обеспечению национальной безопасности России в информационной сфере. Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2015. № 9. С. 100-108.*

[102] *Николаев Н.В. Формирование финансово-экономической безопасности государства: взаимодействие и взаимозависимость национальных и глобальных процессов// Журнал «Финансовая аналитика: проблемы и решения». 2011. №3. С. 139.*

экономических аспектов: экономики в целом, экономического роста и установление на основе сформированной системы индикаторов и пороговых показателей, а также к получению специальных выгод и преимуществ в различных сферах – экономической, политико–правовой, социальной, демографической.[103] Под экономической безопасностью понимается такое состояние национальной экономики, которое способствует получению оптимального уровня защиты от любых факторов и угроз путем повышения конкурентоспособности производимой продукции при помощи продуктивного и комплексного использования различных видов ресурсов, а также системы государственных мероприятий и мер.Так как экономическая безопасность имеет огромное количество проявлений, нужно отметить, что функционирование механизма обеспечения национальной безопасности применительно к России влияют большое количество факторов, главным из которых выделяют экономических рост.

В настоящее время формирование и использование инновационной экономики для Российский Федерации является возможностью реализации экспорта наукоемкой продукции. Это, в следствии, позволит повысить как само качество производимых товаров и услуг при уменьшении затрат на их создание, так и выпуск принципиально новые виды товаров, что создаст новые рынки сбыта. Данное развитие инновационной экономики в стране взаимосвязано с конкурентоспособностью страны на мировом рынке, т.е. и с состоянием ее безопасности.[104]

Самым подходящим подходом для осуществления мониторинга и диагностики экономической безопасности является использование метода, который называется индикативный анализ. Пороговые значения индикаторов являются теми значимыми показателями, разделяющими между собой разнообразные классы состояний, касающихся экономической безопасности. К примеру, нормальное состояние и состояния, которое характеризуется увеличенным количеством опасностей для безопасности. В этом отношении вопросам образования пороговых значений индикаторов экономической безопасности должно отдаваться первостепенное значение. Так, в своем труде В.К. Сенчагов уделяет внимание тому, что пороговые значения – важнейший инструмент прогнозирования, системного анализа и индикативного планирования в социально-экономической сфере. Благодаря этому инструменту какой-либо объект, в нашем случае экономика, будет рассматриваться как соответствие тенденций развития, как во внутреннем, так и во внешнем сотрудничестве с экономиками других стран, отечественным интересам страны.

Теория по безопасности имеет важное значение, связанное с практикой, если только она содержит теорию предельных значений объекта. На данный период времени не существует единственного подхода к образованию пороговых значений индикаторов экономической безопасности. Различные ученые и коллективы, которые занимаются наукой сосредотачивают свое внимание на разных взглядах – от введения единственного порогового значения по индикатору (в данном случае будет только два класса состояний по индикатору: нормальное и состояние, которое характеризуется высоким уровнем опасностей по отношению к безопасности) до множества пороговых систем, в которых по каждому из индикаторов вносится три и более пороговых уровней (количество всевозможных состояний безопасности по индикатору приравнивается к количеству пороговых уровней плюс).

Самым распространенным из подходов является первый: внесение по каждому индикатору только одного порогового значения (критического уровня), который разделяет два вероятных класса состояния. Проанализируем образование пороговых значений в рамках такого подхода для важнейших индикаторов экономической безопасности употребительно к условиям Российской Федерации. В основе определения пороговых значений в большинстве случаях лежат оценки экспертов, которые в процессе исследований делаются зарубежными и отечественными учеными на основе учета неких мировых тенденций и показателей. А. В. Калина и И.П. Савельева в своей статье говорят, что «существует несколько случаев, когда в совокупности с экспертными оценками могут использоваться специальные математические методы, которые позволяют получить величины

---

[103] *Воронцов С.А., Понеделков А.В. О совершенствовании государственной политики в сфере обеспечения национальной безопасности. // Власть. 2016. № 2. С. 126-132.*

[104] *Шарапа С.А., Шишенко А.А. Инновационная экономика как фактор повышения национальной безопасности России. // [Электронный ресурс]. URL: http://rostjournal.ru/?p=673 (дата обращения: 8.05.2019)*

пороговых значений в условиях повышенной неопределенности изначальной информации, а также в силу несоответствий в оценках экспертов по какому-либо явлению или процессу».[105]

Для определения пороговых значений могут использоваться разные подходы. В частности, самый распространенным является метод аналогии-сопоставления показателей России с показателями зарубежных стран. Помимо этого, весьма широко используются методы анализа экспертов, нормативы и общепринятые стандарты и требования, которые являются утвержденными. В некоторых случаях, когда определение пороговых значений может быть затруднительным, используется математический специальный аппарат, который основан на использовании методов теории распознавания образов.

Таким образом, нужно уделить внимание тому, что в современной Российской Федерации пороговое значение индикативного показателя отношения дохода на душу населения к прожиточному минимуму непременно нужно принять на уровне пяти-шести раз. При этом по мере приближения подхода к определению прожиточного минимума в Российской Федерации к подходам более развитых стран такое значение будет уменьшаться постепенно до трех–трех с половиной раз. Помимо того, необходимо учитывать, что по индикативному показателю, который мы рассматриваем, существуют проблемы с его отражением в данных статистики и их соответствием реальным значениям. Также, важно упомянуть, что не учитываются перераспределенческие потоки, которые оказывают существенное влияние. В данный момент наибольшее распространение получила нерегистрируемая, неформальная занятость по оказанию услуг одной частью населения (как правило, людей с низким доходом) другой части (людей с высоким доходом).

По многим индикаторам как производственно-финансовым, так и социально-демографическим требования экономической безопасности не исполняются и уровень опасностей очень высок. Значимой задачей, связанной с осуществлением экономической безопасности Российской Федерации, является осуществление анализа на уровне регионов. Во-первых, это объясняется высоким уровнем неравномерности и различий в социально- экономическом развитии между различными регионами России. Следовательно, пороговые значения по разным индикаторам экономической безопасности будут разными для различных регионов, а также будут иметь отличия от значений для Федерации в целом. Если это не учитывать, то рекомендации и выводы по состоянию экономической безопасности и его регулированию, которые были получены, могут быть ошибочными и безрезультатными. В основе определения пороговых значений индикаторов экономической безопасности для регионов лежат методы и подходы, которые являются аналогичными государственным. В основе территориального разделения по районам пороговых уровней индикативных показателей экономической безопасности по регионам Российской Федерации лежит деление социально-экономического пространства страны по ряду основополагающих классификационных признаков. Выделяются следующие признаки, которые являются наиболее характерными по разным индикативным показателям:

Первым признаком являются климатические условия, так как чем суровее оказывается климат, тем ужесточаются условия, применяемые на индикативные показатели экономической безопасности, к примеру, с позиции инвестирования экономики территорий и обновления основных фондов. Ко второму признаку относят степень освоенности территорий. В-третьих, особое внимание относят структуре промышленного сектора на территории. В-четвертых, существует такой признак, как наличия в полной мере на территории собственных ресурсов и полезных ископаемых. Так, по такому признаку территории разделяются по виду полезных ископаемых, например, металлические руды, минерально-сырьевые ресурсы и иные виды полезных ископаемых и степени их обеспеченности территорий разными видами. Пятым и шестым признаками являются сила транспортных коммуникаций территории с другими территориями и развитость научных школ, и их потенциал на территории. В-седьмых, немаловажным признаком является развитость такой системы образования, как высшего. В-восьмых, степень развития и ориентации структуры промышленного сектора на территории. В-девятых, потенциал территории, обращенный на экспорт. В-десятых, географическое положение территории, которое является характерным признаком, так как при разделении территорий на равнозначные группы рассматривается их близость к границам, развитость транспорта, а также инфраструктура по экспортно-импортным операциям. Одиннадцатый признак характеризуется степенью заселенности территории. По данному признаку для районирования

[105] *Калина А.В., Савельева И.П. Формирование пороговых значений индикативных показателей экономической безопасности России и ее регионов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. №4. С. 15.*

субъектов Российской Федерации применяется показатель, определяющий плотность населения. Двенадцатым признаком является потенциал в производственном секторе и обеспеченность финансами территории, которые оцениваются по показателю ВРП на душу населения по территории. Тринадцатый заключительный признак- состав населения по возрасту.

Преобразование экономических положений в современной Российской Федерации способствуют влиянию на национальную безопасность государства. Экономическая безопасность является гарантом государственной независимости, определяющая возможность самостоятельности политики в экономической области и создающая условия для устойчивости мирового хозяйства.[106]

Литература

1.Воронцов С.А., Понеделков А.В. О совершенствовании государственной политики в сфере обеспечения национальной безопасности. // Власть. 2016. № 2. С. 126-132.

2.Воронцов С.А., Штейнбух А.Г. О необходимости совершенствования подходов к обеспечению национальной безопасности России в информационной сфере. Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2015. № 9. С. 100-108.

3.Жилкина Ю. В. Пути повышения экономической безопасности Российской Федерации // Финансовый бизнес. 2010. № 4. С. 17.

4.Калина А.В., Савельева И.П. Формирование пороговых значений индикативных показателей экономической безопасности России и ее регионов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. №4. С. 1418.

5. Лукашин В. И. Экономическая безопасность: учеб.-практ. пособие. М., 1999. С. 50-102.

Николаев Н.В. Формирование финансово-экономической безопасности государства: взаимодействие и взаимозависимость национальных и глобальных процессов// Журнал «Финансовая аналитика: проблемы и решения». 2011. №3. С. 138 -140.

6. Олейников Е. А. Экономическая и национальная безопасность. М., 2004. С. 127-129.

7. Сенчагов В. К. О сущности и основах стратегии экономической безопасности России // Вопр. экономики. 1995. № 1. С. 99.

8. Шарапа С.А., Шишенко А.А. Инновационная экономика как фактор повышения национальной безопасности России. // [Электронный ресурс]. URL: http://rostjournal.ru/?p=673 (дата обращения: 8.05.2019)

ПРОБЛЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ СОБЫТИЙ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМАХ

Резчиков А.Ф.[1], Богомолов А.С.[2]

[1]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 65
[2]Институт проблем точной механики и управления РАН,
Россия, г. Саратов, ул. Рабочая д. 24
rw4cy@mail.ru, AlexBogomolov@ya.ru

Аннотация: Исследуется проблема критических ситуаций, возникающих в крупномасштабных системах вследствие развития комбинаций относительно неопасных по отдельности локальных событий. Сформулирована задача управления процессом предотвращения развития аварийных комбинаций событий. Предлагается подход к решению поставленной задачи.

Ключевые слова: крупномасштабная система, аварийная комбинация событий, критическая ситуация.

Введение

Развитие критических ситуаций в крупномасштабных системах [1] во многих случаях связано с возникновением неблагоприятных событий в их отдельных частях – человеко-машинных и организационно-технических системах – и образованием новых связей между этими событиями. Аварийная комбинация событий представляет собой их критическое сочетание [2 – 3] с учетом порядка следования событий и временных интервалов между ними.

При развитии аварийных комбинаций событий крупномасштабная система теряет ресурсы, необходимые для реакции на отдельные неблагоприятные события, что позволяет развиваться их последствиям. Таким образом, возникновение аварийной комбинации событий в крупномасштабной

[106] *Жилкина Ю. В. Пути повышения экономической безопасности Российской Федерации // Финансовый бизнес. 2010. № 4. С. 17.*

системе означает, что локальные критические режимы, приводящие к определенной последовательности неблагоприятных событий, являются причиной развития критического режима крупномасштабной системы в целом. Возникновение и развитие аварийных комбинаций событий является важной проблемой функционирования и развития крупномасштабных систем.

Для предупреждения развития аварийных комбинаций событий в крупномасштабной системе необходимо парировать неблагоприятные события в подсистемах и контролировать связи между этими событиями. Однако в процессе функционирования крупномасштабной системы возникает значительное число потенциально неблагоприятных событий и возможность реагировать на все такие события отсутствует по причине ограниченности располагаемых ресурсов.

В связи со сказанным актуальна задача разработки моделей, методов и алгоритмов анализа аварийных комбинаций событий при управлении крупномасштабными системами, позволяющих выявлять наиболее опасные комбинации событий и определять локальные воздействия для предотвращения их развития. Требуемые методы и алгоритмы будут использованы при разработке перспективных информационно-управляющих комплексов, позволяющих определять потенциальные критические режимы и пути предупреждения их развития в крупномасштабных системах.

1 Постановка задачи

Предлагается вариант формализованной постановки задачи по проблеме аварийных комбинаций событий в крупномасштабных системах. Пусть $A = \{A_1, \ldots, A_n\}$ – множество сценариев ситуаций, вызываемых аварийными комбинациями событий в крупномасштабной системе на отрезке времени $[t_н, t_к]$, $P(A_i, t)$ – функция, выражающая оценку степени опасности возникновения ситуации A_i в момент t, принимающая значения на отрезке $[0, 1]$, $s(t)$, $x(t)$ – состояние системы и ее внешней среды соответственно, $u(t)$ – управляющие воздействия на систему в момент t, $S(t)$, $X(t)$, $U(t)$ – множества возможных значений $s(t)$, $x(t)$, $u(t)$. Предполагается, что управляющие воздействия $u(t)$ включают в себя управляющие воздействия $u_0(t)$, оказываемые субъектом управления для достижения цели системы, и управляющие воздействия $u_1(t)$, при необходимости дополнительно оказываемые на систему для предотвращения аварийных комбинаций событий. Требуется при известной информации об управлении $u_0(t)$ определить управляющие воздействия $u_1(t_1), \ldots, u_1(t_k)$, при которых для всех $t \in [t_н, t_к]$ будет выполнено

(1) $P(A_i, t) < \varepsilon, i = 1, \ldots, n,$

где ε – заданное число, и

(2) $$\sum_{i=1}^{k} F(s(t_i), x(t_i), u(t_i), t_i) \to \min,$$

где $F(s(t), x(t), u(t), t)$ – целевая функция, используемая при управлении рассматриваемой системой, и выполняются граничные условия

(3) $F_н(s(t_н), x(t_н), u(t_н), t_н) = 0,$

(4) $F_к(s(t_к), x(t_к), u(t_к), t_к) = 0,$

где $F_н(s(t_н), x(t_н), u(t_н), t_н)$, $F_к(s(t_к), x(t_к), u(t_к), t_к)$ – заданные функции, и ограничения,

(5) $C(t) \le F_1(s(t), x(t), u(t), t) \le D(t),$

связанные с целями и нормативами функционирования системы M, где $F_1(s(t),x(t),u(t),t)$, $C(t)$, $D(t)$ – заданные на [tн, tк] функции.

Отметим, что в предлагаемой постановке функция P(Ai, t) оценки опасности возникновения ситуации A может быть построена так, что ее значения будут вычисляться как вероятность или определяться иным выбранным способом как степень уверенности экспертов.

Условие (1) рассматривается как требование сдерживания риска развития аварийных комбинаций событий. Данное условие включает в себя соответствующие неравенства для ситуаций A1, …, An, что отличает его от довольно часто рассматриваемых условий минимизации суммарных показателей, в которых степени опасности или вероятности аварий фигурируют с определенными весами и выполнение которых не гарантирует, что опасность или вероятность отдельных аварий будет находится в приемлемых пределах. Число ε в условии (1) выбирается для ситуаций, возможный ущерб от которых считается сопоставимым. Если рассматриваются ситуации со значительно различающимся ущербом, то для каждого такого множества ситуаций A′ будет решаться задача со значением ε′, соответствующем ущербу от ситуаций из A′.

Ограничения для ресурсов, используемых для решения, заложены в условиях (3 – 5). Функция Fн(s(tн), x(tн), u(tн), tн) из условия (2) может интерпретироваться как время подачи и реализации требуемых управляющих сигналов или их стоимость в виде затрат других ресурсов.

2 Концепция и подход к решению задачи

Решение задачи предлагается осуществлять в реальном времени путем определения управляющих воздействий по предотвращению развития наиболее опасных аварийных с учетом тех событий, которые уже были зарегистрированы. Такие комбинации определяются путем анализа причинно-следственных структур, в частности, деревьев развития критических ситуаций. Минимальные сечения деревьев отказов позволяют определять множества событий, составляющих аварийные комбинации, а пути успешного функционирования (ПУФ, [4]) – для определения множеств событий, которые необходимо предотвратить для развития аварийных комбинаций.

Предлагаемый подход к решению задачи осуществляется в два этапа. Оперативная информация, получаемая о текущих или произошедших события, используется на втором этапе. Первый этап состоит из следующих шагов.

Определить множество $A = \{A_1, \ldots, A_n\}$ ситуаций, вызываемых аварийными комбинациями событий.

- Выделить множество событий $E = \{e_1, \ldots, e_m\}$, влияющих на развитие сценариев из A.
- Определить причинно-следственные связи между событиями из E и множество причинно-следственных структур D развития сценариев A из событий E.
- Определить множество минимальных сечений и ПУФ для структур из D.
- Для каждого события $e \in E$ определить перечни управляющих воздействий $Q(e)$ по парированию этого события, временные интервалы реализации этих воздействий, а также списки лиц, принимающих решения об их реализации и лиц, осуществляющих эти воздействия. Установить соответствие между режимами осуществления воздействий $Q(e_1), \ldots, Q(e_m)$ и интенсивностями, с которыми эти воздействия будут обеспечивать парирование событий $e_1, \ldots, e_m$.
- Установить для каждого события $e \in E$ зависимости

(6) $$P(e,t) = f_e(\mu(e_1), \ldots, \mu(e_m), s(t), x(t), t)$$

значений $P(A_i, t)$ на рассматриваемом отрезке $[t_н, t_к]$ от режимов $\mu(e)$ парирования этого события. Зависимости устанавливаются аналитическими методами с использованием необходимых эмпирической, экспертной и статистической информации. Эти зависимости могут иметь вид аналитических соотношений, табличных значений или продукций, которые позволят оценить возможность наступления событий из множества E в зависимости от режимов осуществления воздействий из $Q(e_1), \ldots, Q(e_m)$, а также состояний системы и среды.

Второй этап – управления предотвращением аварийных комбинаций событий – осуществляется в процессе функционирования системы. При регистрации неблагоприятных событий оценивается возможность развития аварийных комбинаций и для наиболее опасных комбинаций, у которых условие (1) не выполняется, рассматриваются ПУФ. На их основе ПУФ и информации о порядке определяются мероприятия для снижения оцениваемой возможности развития аварийных комбинаций до допустимого значения ε. Второй этап решения задачи состоит из следующих шагов.

- Регистрация информации о возникновении событий из множества E.
- Если в момент t зарегистрировано множество событий $E_t \subseteq E$, определить множество $N(E_t)$ всех минимальных сечений, пересекающихся с Et и множество $\tilde{N}(E_t)$ дополнений сечений из $N(E_t)$ до множества E.
- Оценить возможность возникновения последовательностей событий из $\tilde{N}(E_t)$, соответствующих сценариям из множества A, и выделить множество $\tilde{N}_1(E_t) \subseteq \tilde{N}(E_t)$ таких последовательностей, возможность реализации которых вызывает нарушение условия (1). Если таких последовательностей нет, продолжить наблюдение с интервалом порядка, соответствующего прогнозируемой частоте возникновения событий из множества E.
- Построить множество $M(E_t)$ усеченных ПУФ для последовательностей из множества $\tilde{N}_1(E_t)$ Для этого из каждого ПУФ множества $M(E)$ для исходной причинно-следственной структуры удаляются события, не входящие в последовательности из $\tilde{N}_1(E_t)$. Предотвращение событий из любого усеченного ПУФ из $M(E_t)$ позволит предотвратить реализацию всех последова-

тельностей из множества $\tilde{N}_1(E_t)$. Выбор конкретных ПУФ из множества $M(E_t)$ для этой цели осуществляется на основе информации о ресурсах системы и условий (2) – (5).

- Осуществить воздействия по предотвращению развития аварийных комбинаций путем предотвращения событий из выбранного ПУФ с использованием определенных в 1.5 мероприятий.
- Вернуться к наблюдению с интервалом порядка, соответствующего прогнозируемой частоте возникновения событий из множества E.

Отметим, что в качестве событий из множества *E* могут рассматриваться локальные аварии и переходы в критические режимы менее масштабных человеко-машинных и организационно-технических систем, которые можно также рассматривать как следствие развития аварийных комбинаций событий. Подход к предотвращению развития аварийных комбинаций событий в человеко-машинных и организационно-технических системах предлагается в [5]. Масштабирование этого подхода может быть использовано при разработке концепции решения сформулированной задачи предотвращения аварийных комбинаций событий в крупномасштабных системах.

Литература

1. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256 с.

2. Резчиков А. Ф., Богомолов А.С. Критические сочетания событий – причины аварий в человеко-машинных системах. В книге: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ MLSD'2015 // Материалы Восьмой международной конференции: в 2 томах. Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук; Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2015. – С. 130-135.

3. Bogomolov A. S. Analysis of the Ways of Occurrence and Prevention of Critical Combinationsof Events in Man-machine Systems. Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Math. Mech. Inform. Vol. 17. 2017, № 2. – P. 219–230 (in Russian).

4. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем – М.: Мир, – 1984. – 318 с.

5. Bogomolov A. S. Prevention of Accidental Combinations of Events in the Control of Human-Machine Systems // Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Math. Mech. Inform. Vol. 19. 2019, № 2. – P. 196-206 (in Russian).

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВЕННОЙ ЦЕЛЕВОЙ РАССОГЛАСОВАННОСТИ[107]

Рожнов А.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
rozhnov@ipu.ru

Аннотация: Рассматриваются исходные позиции и перспективы развития аэрокосмических технологий и их информационно-аналитическое обеспечение в современных политико-экономических условиях. Комплексное исследование направлено на дальнейшее взаимоувязанное совершенствование методов и моделей мониторинга, системной интеграции, координации и контроля гетерогенных беспилотных платформ в контексте существенной целевой рассогласованности.

Ключевые слова: аэрокосмические технологии, групповое управление, информационно-аналитическое моделирование, контроль, координация, мониторинг, системная интеграция, целевая рассогласованность.

Введение

Основываясь на исходных положениях сводного проекта повестки дня «Космос-2030» и плана её осуществления, по итогам проходящих в эти дни на совещаниях Рабочей группы дискуссий и с использованием информации, предоставленной государствами – членами Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях (подготовлен бюро Рабочей группы по повестке дня «Космос-2030» при содействии Секретариата [1]), проанализируем некоторые наиболее интересные позиции и ожидаемые условия развития передовых технологий и информационно-аналитических моделей аэрокосмической отрасли в современных политико-экономических реалиях. Рассматриваемые вопросы сведены к общим задачам, которые, в свою очередь, представляют четыре

[107] *Работа выполнена в интересах реализуемого проекта Программы Президиума РАН №30 "Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации" и при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-29-04326 офи_м.*

основные темы: космическая экономика, космическое общество, доступность космоса и космическая дипломатия. Эти темы дополняют друг друга и, бесспорно, взаимосвязаны [1-4]:

1. Увеличение социально-экономических выгод от космической деятельности и усиление роли космического сектора как важного фактора устойчивого развития.

2. Использование потенциала космонавтики для решения повседневных проблем и космических инноваций для повышения качества жизни.

3. Расширение доступа к космическому пространству для всех и обеспечение для всех стран возможностей для извлечения социально-экономических выгод из использования космической науки и техники, полученных с помощью космических технологий данных, информации и продуктов, и содействие, тем самым, достижению целей в области устойчивого развития.

4. Налаживание партнерских связей и расширение международного сотрудничества в области использования космического пространства в мирных целях и глобального управления космической деятельностью.

Однако следует отметить, несмотря на то, что космическое пространство пока что ещё не было ареной возникновения откровенных разногласий или активного конфликта, которые могли бы привести к возникновению напряженности в отношениях между государствами или же провоцированию к обострению отношений с ведущими зарубежными странами с серьезными последствиями и, в свою очередь, спровоцировать нестабильность; и то, что до недавнего времени не было попыток посягнуть на непререкаемые договорные обязательства, – акцентируем внимание на контекст [5-10] и условия *существенной целевой рассогласованности*, представляющие особый исследовательский интерес.

Значительное ухудшение общего положения дел с соблюдением международного права в целом и возрастающие риски того, что заложенные в Договор по космосу концепции и ключевые идеи будут оспариваться, ставиться под сомнение или же вовсе пересматриваться в одностороннем порядке под предлогом их несоответствия «новой» реальности, могут и уже отрицательно сказываются на показателях безопасности, характеризующих ситуацию в космическом пространстве, а также подвергнуть существенному риску прежде стабильное и предсказуемое взаимодействие между государствами и, к немалому сожалению, уже в весьма обозримой перспективе [4].

Целью данной работы является дальнейшее совершенствование информационно-аналитического обеспечения системной интеграции в условиях существенной целевой рассогласованности [9]. Комплексное исследование направлено на развитие новых и взаимоувязанных методов и моделей мониторинга, системной интеграции, координации и контроля гетерогенных беспилотных платформ.

Действительно [1-3], вопросы обеспечения безопасности космических операций и выработки руководящих принципов предотвращения конфликтных ситуаций (конфликтов интересов) в космосе очень тесно взаимосвязаны. При этом совместная сверка процедуры задействования и объёма права на самооборону в космосе может и должна надлежащим образом соотноситься с решением задачи сохранения космического пространства для мирных целей и придавать потенциальным решениям в этой области более функциональный характер. При этом должен быть тщательно выверен подход, ориентированный на толкование нормы Устава ООН о самообороне применительно к космосу, как альтернатива практике, основанной на отступлении от этой нормы. Имеется явная необходимость внести большую определенность в ситуацию и достигнуть главным образом взаимопонимание на основе последовательно обоснованного с позиции системного подхода новых комплексных решений.

Системная интеграция актуальных вопросов междисциплинарных исследований ситуационных сценариев и задач координации в условиях конфликта и кооперации

В развитии вышеизложенной новой проблематики представляется целесообразным рассмотреть ряд условных ситуационных сценариев посредством применения вполне определенных аналитических и анализируемых категорий технического, политического и правового порядка. Необходимо на основе поддающихся объективной оценке непредвзятых критериев выявить первостепенные задачи, которые могут анализироваться в рамках всевозможных циклов работы по тематике самообороны в космосе.

На первом этапе выработки развитого подхода в указанных международно-правовых аспектах самообороны в космосе ранее уже было предложено формирование перечня базовых вопросов [2]:

- Можно ли для цели более чёткого определения правовых оснований для самообороны в космосе в принципиальном плане разграничить две ситуации: конфликтная ситуация в космосе как продолжение вооруженного конфликта на Земле и конфликтная ситуация в космосе как самостоятельное (отдельное) явление?

- Какими должны быть характер и свойства (включая степень опасности) насильственного акта, который мог бы расцениваться как вооруженное нападение, чтобы правомерно задействовалось (реализовывалось) право на самооборону применительно к космическому пространству? Какие действия технического характера могли бы позволить квалифицировать насильственный акт как вооруженное нападение?
- Готовы ли государства придерживаться понимания, что угроза нападения на космический объект, находящийся под юрисдикцией другого государства, или угроза осуществления в отношении такого объекта принудительных мер, не связанных с применением силы, влечет за собой международную ответственность правонарушителя, но не дает правовых оснований для реализации права на самооборону? Учитывая обязанность государств воздерживаться от актов репрессалий, связанных с применением силы, какие могут быть иные репрессалии в рассматриваемом контексте, как оценить их правомерность, характер и условия применения?
- В чем состоит концепция силы и как она эволюционирует применительно к космической сфере с учетом современных технологических возможностей, в том числе в приложении к военной сфере (потенциал для не "военных", а сугубо технологических операций/мероприятий, которые способны создать "эффект оружия" и "эффект применения силы")?

Ответы, как на указанные, так и на многие другие производные актуальные вопросы и определят квалификацию гипотетического правонарушения (приводящего к необходимости реализации санкции в форме принуждения), либо в качестве международного преступления (акт агрессии), либо как международное правонарушение, а также определение и реализацию *протоколов* воздействия на кризисные ситуации в космическом пространстве, управления ими и *координации* в задачах [2-4, 9].

Заключение

Проводимые комплексные исследования направлены на дальнейшее взаимоувязанное развитие методов и моделей мониторинга, системной интеграции, координации и контроля перспективных гетерогенных беспилотных платформ в условиях существенной целевой рассогласованности [5-10]. Расширенным авторским коллективом предлагается к реализации и применению по новому назначению ряда базовых элементов *информационно-аналитической системы* исследования возможностей деэскалации конфликта в условиях многостороннего переговорного процесса [1, 5, 9].

Литература

1. Исходный проект повестки дня «Космос-2030» и плана ее осуществления: рабочий документ, представленный бюро Рабочей группы по повестке дня «Космос-2030» / Комитет ООН по использованию космического пространства в мирных целях, Шестьдесят вторая сессия, Вена, 12–21 июня 2019 года.
2. Achievement of a uniform interpretation of the right of self-defence in conformity with the Charter of the United Nations as applied to outer space as a factor in maintaining outer space as a safe and conflict-free environment and promoting the long-term sustainability of outer space activities / Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Fifty-eighth session, Vienna, 10-19 June 2015 (A/AC.105/C.1/2015/CRP.22).
3. Survey of the problem of discretion exercised by States in interpreting basic legal principles and normsrelated to safety and security in outer space / Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Sixty-second session, Vienna, 12–21 June 2019 (A/AC.105/2018/CRP.17).
4. *Рожнов А.В.* Информационно-аналитическое обеспечение деэскалации конфликтов в изменяющихся условиях многостороннего переговорного процесса (опыт системной интеграции и перспективы) / Конференция «Российская наука – армии» // МВТФ «Армия-2019», 26 июня 2019 года (в ред.).
5.*Цвиркун А.Д., Прус Ю.В., Кулик С.Д., Руженцев И.О. Гончаренко В.И., Карпов В.В., Губин А.Н. и др*. ИАС исследования возможностей деэскалации конфликта в изменяющихся условиях многостороннего переговорного процесса: патент на полезную модель № 159360 RU. Дата публ.: 10.02.2016.
6. *Рожнов А.В., Карпов В.В*. Разработка предложений по созданию единых технологий с перспективными источниками энергии в космической отрасли / Труды 9-ой Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2016, Москва). – М.: ИПУ РАН, 2016. – Том II. – С. 150-154.
7. *Гончаренко В.И., Рожнов А.В., Карпов В.В., Лобанов И.А. и др.* Исследование проблемных вопросов развития автономных гетерогенных робототехнических комплексов и подготовки кадров наукоёмких специальностей аэрокосмической отрасли // Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. 2018. № 1 (43). – С. 70-76.
8. Андриевский Б.Р., Балашов М.В., Бахтадзе Н.Н., Галяев А.А., Глумов В.М., Губко М.В., Емельянова Ю.П., Карабутов Н.Н., Коргин Н.А., Кудинов Ю.И., Кушнер А.Г., Лотоцкий В.А., Макаренко А.В., Матвеев А.С., Новиков Д.А., Пакшин П.В., Пащенко Ф.Ф., Петросян Л.А., Рубинович Е.Я., Тремба А.А., Чеботарев П.Ю., Честнов В.Н., Ядыкин И.Б. Теория управления (дополнительные главы): Уч. пособие / Под ред. Д. А. Новикова. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 552 с.

9. *Рожнов А.В.* Проблематика управления развитием и ограничений новых технологий в сфере создания автономных систем оружия летального действия / Труды 9-й Московской международной конференции по исследованию операций (ORM-2018, Москва). – М.: МАКС Пресс, 2018. – Т. II. – С. 554-556.
10. *Ryvkin S. E., Rozhnov A. V., Lobanov I. A.* Convergence of technologies of the evolving prototype of an energy efficient large-scale system, Proceedings of the 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA 2018), Bourgas, Bulgaria: IEEE, 2018. https://ieeexplore.ieee.org/document/8447067.

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Романова М.А., Трефилов П.М., Шевченко А.В., Исхаков А.Ю., Мамченко М.В.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,
г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
rma-rda@yandex.ru, petertrfi@gmail.com, iskhakovandrey@gmail.com, markmamcha@gmail.com,
Ищук И.Н., Долгов А.А.
Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Россмя, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков 54А.
Russiaboerby@rambler.ru, alexdolgov88-08@rambler.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается модель поиска тепловых аномалий в среде с применением БПЛА. Используемая модель позволяет выявить как скрытые источники тепловых полей, так и дать прогноз влияния техногенного объекта на экологическую обстановку среды. Представлен результат компьютерного моделирования распределения тепловых полей в анизотропной переменно-насыщенной пористой среде, обеспечивающий количественными и качественными параметрами мониторинга объекта наблюдения.

Ключевые слова: экологический мониторинг, температурное поле, анизотропная переменно-насыщенная пористая среда (почва), БПЛА.

Введение

Деятельность человека оказывает ощутимое воздействие на окружающую среду. Для обеспечения экологической безопасности необходим своевременный контроль её состояния. Особенно важно иметь источник объективной и подробной информации о состоянии природной среды в густонаселенных областях и вокруг экологически опасных объектов.

В настоящее время мониторинг состояния природной среды в зоне воздействия производственных объектов минерально-сырьевого комплекса проводится контактными и неконтактными (дистанционными) методами. К контактным методам относится мониторинг, который выполняется на стационарных постах наблюдения и маршрутными исследованиями. Дистанционные методы представлены аэро- и космомониторингом, лидарным зондированием и другие [1,2].

1 Экологический мониторинг

Современные дистанционные методы исследования с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) дают возможность проводить экологическую оценку территорий независимо от их удаленности и дорожной доступности. Основной задачей БПЛА является автоматизация организационных процессов, связанных учётом природных ресурсов и мониторинг экологической обстановки. Их применение позволят быстро, просто и эффективно отслеживать природные и антропогенные процессы, выявлять источники загрязнений и планировать природоохранные мероприятия.

Произведенное с помощью БПЛА дистанционное зондирование земной поверхности позволяет получить оценку свойств почвы и содержание влаги. С помощью полученной измерительной информации можно получить распределение тепловых полей не только на самой земной поверхности, но и на несколько метров вглубь неё. Дистанционное зондирование почвы и почвенной влаги осуществляется с помощью видимых, инфракрасных (ближних и тепловых), микроволновых и гамма данных. Однако, для этих целей целесообразно применять методы с использованием видимой и ближней инфракрасной области спектра, основанные на измерении отраженной солнечной радиации, поскольку многочисленные сопутствующие шумы мешают интерпретировать полученные данные. Методы теплового инфракрасного излучения основаны на отношении дневного цикла

температуры и влажности почвы, которые зависят от типа почвы и в основном ограничены условиями голых почв .

В этой статье применяется метод теплового инфракрасного излучения, основанный на зависимости цикла солнечной радиации и температуры почвы. Данный метод позволит выявить тепловые аномалий в анизотропной переменно-насыщенной пористой среде. Качественные данные в инфракрасном диапазоне получены с помощью БПЛА.

2 Постановка задачи

Основной задачей является поиск тепловых аномалий с помощью БПЛА в негомогенной ортотропной среде (почве). Используем методику теплового инфракрасного излучения. Для этого оснастим БПЛА камерой, работающей в инфракрасном диапазоне. При проведении дистанционного мониторинга БПЛА с системой многоспектральных оптикоэлектронных средств получают множество пространственно-временных ИК-изображений радиационного температурного поля поверхности района дистанционного мониторинга - кубоид ИК-изображений. на основе численного решения коэффициентно-обратной задачи теплопроводности путем решения многопараметрической оптимизационной задачи [3] каждый пиксель изображения тепловой томограммы строится путем минимизации функционала невязки между измеренными тепловизионным приемником значениями температур на участке местности и рассчитанными математически. В процессе оптимизации для каждого пикселя томограммы определяются значения эффективной теплопроводности - основного теплофизического параметра, определяющего значение температуры на поверхности и внутри объектов аэрофотосъемки.

Для определения значений температур в анизотропной переменно-насыщенной пористой среде с разрывными коэффициентами в условиях теплообмена на границе с окружающей средой исследуется на основе решения краевой задачи для конвекционно-диффузионного уравнения. В ходе решения этой задачи задаются краевые условия, учитывающие уравнение теплового баланса и сопряжения слоистых сред. Таким образом на выходе можно получить тепловую томограмму с учетом органической глубины почвы.

3 Математическое моделирование распределения температурных полей поверхности при дистанционном мониторинге с БПЛАРешение рассматриваемой задачи возможно с помощью различных сред математического моделирования и программирования, таких как SolidWorks, TAITherm, Comsol, Flow3D, HYDRUSX1D.

Для решения данной задачи наиболее целесообразным является использование пакета математического моделирования одноразмерного движения воды, тепла и множества растворов в переменно-насыщенных средах HYDRUSX1D, так как он позволяет рассчитывать распределения температурных полей вглубь поверхности почвы; учитывать состояние почвы (влажность), а также метеорологические условия проведения эксперимента. Совместное использование данного пакета с дополнительными модулями математической обработки данных среды MATLAB позволяет получать распределения температурных полей по всей поверхности почвы в течение заданного временного интервала.

В результате компьютерного моделирования с применением генетического алгоритма был произведен расчет распределения температурного поля грунта на его поверхности и в глубину до 1 м. . Результаты расчета проведены на рис.1.

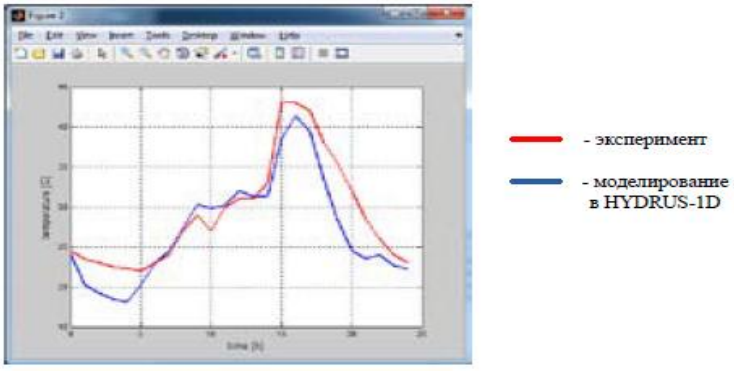


Рис. 1. Распределение температурного поля на поверхности земли в течение суток

Сравнительный анализ экспериментального и моделируемого распределения температурных полей на поверхности грунта показал, что расчет произведен с достаточной точностью, относительная погрешность мала и составила менее 10%.

Выводы

Таким образом, произведена постановка задачи на расчет пространственного распределения температурных полей в негомогенной ортотропной переменно-насыщенной среде. В ходе расчета были получены пространственные распределения температур на поверхности грунта в течение суток. Точность произведенного расчета подтверждается экспериментальными данными (относительная погрешность составила менее 10%), что свидетельствует об адекватности примененной для расчета математической модели.

Литература

1. *Пашкевич М.А., Смирнов Ю.Д., Данилов А.С.* Оценка качества окружающей среды с применением малогабаритных беспилотных летательных аппаратов. – Записки Горного института. 2013. с 269-271.
2. *Киселевская К. Е.* Применения метода дистанционного зондирования Земли для экологического мониторинга // ГИАБ. 2009. №1. 188-190с.
3. *Ищук И.Н., Филимонов А.М., Долгов А.А., Степанов Е.А., Тяпкин В.Н.* Алгоритм совместной обработки многоспектральных изображений по данными воздушной съемки с беспилотных летательных аппаратов. – Промышленные АСУ и контроллеры. 2018.- № 10.- 27-34с.

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СБРОСАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ-ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ВОДНЫЙ БАССЕЙН

Соколов В.В., Дружинин Ю.О.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

sok@ipu.ru, ydruzhin@ipu.ru

Аннотация: Рассматривается методика составления расписания сбросов сточных вод предприятий-водопользователей, обеспечивающего предельно допустимую концентрацию загрязняющих веществ в водном бассейне.

Ключевые слова: мониторинг, распределенная управляющая система, статическое расписание, рациональное водопользование.

В настоящее время в нашей стране активно продвигается концепция систем мониторинга качества [1] и управления качеством [2] природных поверхностных вод. Эта концепция учитывает существующую методику составления регламентов сбросов загрязняющих веществ (ЗВ) предприятиями-водопользователями в водный бассейн. Ключевыми расчетными параметрами методики являются нормативы допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользования (НДС), выводимые из предельно допустимых концентраций (ПДК).

Известен ряд подходов к решению экологических задач, возникающих при составлении регламентов сбросов предприятий-природопользователей в водный бассейн. Для формирования модели водного объекта водоток разбивается на секции с постоянным расходом, в пределах которых все параметры модели можно принять постоянными, границы секций совмещаются с местами сброса сточных, в том числе и дренажных вод, водозаборами, устьями притоков, створами, в которых контролируется качество воды, и местами резкого изменения гидрометрических характеристик водотока. При совпадении места водозабора с местом сброса сточных, в том числе дренажных вод или устьем притока для этого водозабора вводится отдельная секция нулевой протяженности. Для каждого притока и основной реки помимо створов контроля качества воды указывается расчетный створ в устье и начальный створ и качество воды в истоке реки. Все створы нумеруются последовательно от истока к устью для каждого притока и основной реки. Аналогично нумеруются расчетные секции. Речная система представляется как ориентированный (в общем случае многостадийный) граф с вершинами или узлами, соответствующих местам сброса сточных, в том числе и дренажных вод, водозаборами, устьями притоков, створами, в которых контролируется качество воды, и местами резкого изменения гидрометрических характеристик водотока.

Большинство регламентов рассчитано на непрерывный сброс ЗВ предприятиями-природопользователями, что приводит к перемешиванию их стоков. В перемешанных таким образом стоках разных ЗВ, даже в случае их концентраций, много меньших предельно допустимых, могут

протекать реакции, в результате которых возможно появление непредсказуемых ядовитых или канцерогенных веществ.

Предприятия-природопользователи представляют собой точечные источники сбросов ЗВ. Для них характерна регулярность и их можно рассматривать как стационарные. Они фиксированы на местности, а нагрузки ЗВ оцениваются по непосредственным замерам, известным технологиям производства и т.д. Качество воды в заданном сечении водотока определяется суммарной нагрузкой от совокупности источников, объемов потока воды и последующего разбавлением и распада загрязняющих веществ в условиях установившегося течения. При преобладании на водосборе точечных источников концентрация ЗВ в водном объекте является гиперболической функцией потока, так как концентрация ЗВ в потоке сокращается при увеличении объема протекающей воды за счет разбавления.

Постановка задачи: имеется водный бассейн речной системы, представленный ориентированным графом $D = (V, E)$, имеющим N вершин ($N = |V|$), из которых N_1 соответствуют устьям притоков, N_2 – местам сброса сточных, в том числе и дренажных вод предприятий-водопользователей (точечных источников ЗВ), N_3 – точкам водозабора. Каждая дуга $\{u, v\} \in E$, $(u, v \in V)$ соответствует отрезку реки и характеризуется средней скоростью потока $\bar{v}_i$, средней площадью сечения $\bar{S}_i$ и длиной l.

Требуется составить такое расписание сбросов ЗВ для N_2 предприятий-водопользователей, по всем типам ЗВ, массой G_{ik} $(i \in (1, N_2), k \in (1, K))$, чтобы в каждой из N_3 точек водозабора выполнялось условие $C_{jk} < C_{kmax}$, $j \in (1, N_3), k \in (1, K)$. При этом для всего бассейна реки должно выполняться условие:

$$(1)\quad \sum_{j=1}^{N_3}\sum_{k=1}^{K}(C_{jk} - C_{kmax}) \to 0\,, \qquad j \in (1, N_3), k \in (1, K);$$

Параметром оптимизации является минимальный период времени T, в течение которого будет сброшена допустимая суммарная масса сбросов ЗВ G:

$$(2)\quad G = \sum_{i=1}^{N_2}\sum_{k=1}^{K} G_{ik}$$

Чтобы избежать увеличения концентрации веществ при сложении сбросов ЗВ от нескольких предприятий-водопользователей, расположенных на одной реке (или ее притоке), выпуски их должны быть упорядочены во времени. Это может быть достигнуто при наличии на предприятиях резервуаров достаточных для временного хранения ЗВ и специальной запорной арматуры, управляемой распределенной системой, работающей по статическому расписанию. (Расписание составляется в нескольких вариантах в зависимости от времени года).

Если известно расстояние l между двумя предприятиями-водопользователями или предприятием-водопользователем и местом водозабора, то при что известных скорости потока $\bar{v}$, среднем сечении данного водного отрезка $\bar{S}$ и ПДК C_{max}, то допустимая масса ЗВ G в сбросе расположенного выше по течению предприятия-водопользователя составят соответственно:

$$(3)\quad G = C_{max} l \bar{S}$$

Расписание выпуска ЗВ для двух предприятий-водопользователей составляется следующим образом. Положим, что l_i расстояние между i –м и $i+1$ –м предприятием-водопользователем, расположенным ниже по течению, а l_{i+1} – расстояние между $i+1$ –м предприятием-водопользователем и $i+2$ –м предприятием-водопользователем или k –м водозабором. В зависимости от соотношения этих расстояний возможны два варианта составления расписания.

1. Если $l_i > l_{i+1}$, то выпуск ЗВ начинается с i –ого водопользователя в момент времени t_i, то $i+1$ – е предприятие-водопользователь начинает в момент времени:

$$(4)\quad \begin{cases} t_0 = t_i \\ t_{i+1} = t_0 + \dfrac{l_i - l_{i+1}}{\bar{v}} \end{cases}$$

2. Если $l_i < l_{i+1}$, то выпуск ЗВ начинается с $i+1$ –ого водопользователя в момент времени t_{i+1}, а i –й водопользователь

$$(5)\quad \begin{cases} t_0 = t_{i+1} \\ t_i = t_0 + \dfrac{l_{i+1} - l_i}{\bar{v}} \end{cases}$$

Таким образом, в случае, если у нас имеется несколько источников ЗВ, то мы находим сначала самый протяженный участок (с наибольшим расстоянием l до следующего источника ЗВ или водозабора), а затем вычисляем относительно него времена начала слива остальных источников ЗВ.

Учет влияния притоков.

Если приток реки не содержит ЗВ, то в основной поток добавляется участок, в котором, начиная с места притока изменяются характеристики отрезка реки: скорость потока $\bar{v}$, средняя площадь сечения участка реки $\bar{S}$, что изменяет время прохождения через данный участок.

Если на притоке расположены предприятия водопользователи, то для них вычисляются свои расписания, которые могут быть включены в глобальное (для всех предприятий-водопользователей данного бассейна) расписание.

Менее желателен вариант, когда концентрации ЗВ в притоке суммируются с концентрациями ЗВ в основном потоке.

В случае, если сбросы ЗВ от всех заводов–водопользователей укладываются в один цикл, то продолжительность этого цикла Tопределяется как:

$$(6)\quad T = \sum_{i=1}^{N-1} \frac{l_i}{\bar{v}_i}; N = N_1 + N_2 + N_3$$

В случае, если выбранный вариант составления расписания сбросов ЗВ, допускает суммирование концентраций от притоков с основным потоком, то тогда продолжительность цикла T определяется как:

$$(7)\quad T = \sum_{j=1}^{N_4-1} \frac{l_j}{\bar{v}_j}$$

где N_4 число узлов, соответствующих наиболее длинному пути в графе, т.е. главной реке.

Вследствие воздействия различных природных явлений следует учесть разброс скоростей перемещения сбросов ЗВ по реке и предусмотреть некоторые промежутки между сбросами ЗВ Δt_i. Тогда с учетом этих промежутков полное время цикла составит:

$$(8)\quad T^* = T + \sum_{i=1}^{N-1} \Delta t_i$$

Данное расписание предполагает, что осуществляется сброс консервативных ЗВ, которые подвергаются только разбавлению. Более детальный расчет изменения концентрации ЗВ должен учитывать также процессы их растворения, осаждения и т.д.

Предлагается алгоритм, предусматривающий следующие шаги:

1. Водозаборы, расположенные выше по течению ближайших к истоку источников ЗВ, исключаются из рассмотрения.

2. В каждой ветви графа вычисляются последовательные времена сброса и продолжительности сброса такие, чтобы концентрация ЗВ в местах водосбора была не выше безопасной (4-7).

3. Выбирается направление обхода, по которому происходит объединение притоков.

4. Начинается обход с вершин графа, сопровождающийся составлением расписания потоков, полученных при объединении двух ребер графа, т.е. один из них «конкатенируется» с другим, при этом длина потоков увеличивается, а полученные ранее времена в одном из них (добавляемом), корректируются.

6. Если число полученных в результате объединения вершин не равно 1, то повторяется п. 4.

7. Если число полученных в результате объединения вершин равно 1, то расписание считается составленным.

Предложенный алгоритм может быть применен и для построения расписаний сброса ЗВ внутри самого предприятия-водопользователя, имеющего сложную систему трубопроводов.

Литература

1. *Баренбойм Г.М., Венецианов Е.В., Авандеева О.П. и др.* Научные основы создания систем мониторинга качества природных поверхностных вод. М.: Научный мир, 2016. – 462 с.

2. *Степановская И.А., Авандеева О.П.* Цифровой подход к управлению качеством поверхностных вод / Труды 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т.2. С. 239-245.

КОНЦЕПЦИЯ ФРАКТАЛЬНОГО НЕЙРОДИНАМИЧЕСКОГО РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ GISCIENCE

Степановская И.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва , ул. Профсоюзная д.65
irstepan@ipu.ru

Аннотация: В работе описаны основные принципы облачной платформы, которая поддерживает создание специализированных оболочек вычислительного интеллекта для приложений по управлению развитием крупномасштабных систем в среде GIScience.

Ключевые слова: коллаборативное управление; форсайт; вычислительный интеллект; облачная технология; ситуационная осведомленность

Введение

Актуальную проблему проектирования и управления развитием «умных» крупномасштабных систем (КМС) составляет разработка технологий геопространственной картографии на основе цифровой научной географической информатики (geographical information science, GIScience). В отличие от классических геоинформационных систем, среда GIScience предоставляет платформу для разработки инструментальных средств решения «непроцедурно» или «декларативно» поставленных задач сетевого управления, которые предполагают обоснование целей, уточнение проблем и рациональных подходов к их решению.

Среди известных прикладных сервисов GIScience можно отметить следующие:

- Geodin [1] – система услуг картографического экологического аудита подземных вод;
- Hexagon US Federal [2] – система предоставления комплексных геопространственных и технических решений в области Федерального бизнеса США, например, программ авиационного обслуживания, контроля общественной безопасности (защита границ, борьба с терроризмом, защита военных объектов и др.);
- GeoCloud [3] - услуги удаленного доступа к программным продуктам крупнейших мировых разработчиков в области геоинформационных технологий;
- Иннотер [4] – услуги космической съемки с оптико-электронных и радарных спутников дистанционного зондирования Земли, аэрофотосъемки, съемки с беспилотных аппаратов, топографические карты и планы, тематические карты разной направленности, построители цифровых моделей рельефа и местности и др.

В мировой практике инструментальные сервисы моделирования и мониторинга среда GIScience становится критически важным ресурсом государственного управления национального, регионального, отраслевого и др. уровней.

Независимо от прикладной области использования программное обеспечение управленческих приложений в среде GIScience строится как информационно-моделирующая система, используемая для интерпретации данных глобального мониторинга состояния объектов контролируемой географической области в интересах организационного управления, оптимизации крупномасштабных процессов, кибер-физической самоорганизации.

Данная работа посвящена разработке фрактально-ориентированной картографии для стандартизации и унификации услуг мониторинга и прогнозирования динамики крупномасштабных процессов пространственного роста и развития, проводимых в формате датацентров и центров компетенций по стратегическому управлению развитием КМС. Основная цель таких исследований – поддержка облачных стандартов самоорганизации коллаборативного управления в формате разработки форсайт-проектов с иерархически детализируемым масштабным разрешением.

1 Концепция использования методов вычислительного интеллекта для форсайт-исследований в среде GIScience

На обобщенном уровне информационная инфраструктура форсайт-исследований определяется востребованными шаблонами картографических ресурсов. Среди таковых можно выделить, как минимум, следующие четыре.

- Карта мировой торговли. Она создает непревзойденный по информационной глубине и алгоритмической универсальности информационный ресурс для форсайт-исследований и стратегического планирования структурного и функционального роста и развития цепочек добавленной стоимости с выводом инновационного товара на мировой рынок.
- Карта пространственной инфраструктуры для «территорий развития», контролируемых в рамках планов дорожной карты форсайт-проекта.
- Карта почвенных покровов, рельефа местности и т.п. для размещения объектов строительства на «территории развития».
- Карта природных ресурсов и охраняемых зон Земли, для проведения предварительного компьютерного экспериментирования и экологического аудита потенциальной антропогенной нагрузки объектов строительства.

Указанные картографические шаблоны в совокупности представляют онтологический образец информационно-моделирующей системы для сетевых форсайт-исследований, проводимых в режиме on-line геопроцессинга с иерархически детализируемым пространственным разрешением.

Ключевую идею стандартизации и унификации его эффективной цифровой обработки составляет опора на методы вычислительного интеллекта (Computational intelligence, CI), включая искусственные нейронные сети, эволюционное моделирование, роевой интеллект, фракталы, теория хаоса, вейвлеты и т.д. [6,7], получившие внедрение в практику управления развитием КМС. Об этом свидетельствует следующий ряд работ.

Работы [8-11] раскрывают перспективы фрактального моделирования развития, агломераций, транспортных сетей, регионов, социально-экономического пространства, общественных систем, социальных феноменов и др., а также намечающуюся тенденцию [12] к созданию центров фрактального моделирования. В работах [13,14] развиваются идеи использования предфрактальных графов для систематизированного анализа роста и развития КМС на основе фрактальных размерностей. В работе [15] на примере управления рисками безопасности КМС раскрывается перспективность композирования методов фрактального моделирования с искусственными нейронными сетями в интересах внедрения обучения. Значительный вклад в методологию онтологического моделирования коллаборативного стиля крупномасштабной управленческой деятельности вносят разработки роевого интеллекта. В работах [16-19] рассмотрены современные области внедрения управленческого роевого интеллекта, включая беспилотный транспорт, интеллектуальное управление в распределенных энергосистемах, поисково-спасательные роботизированные комплексы. Они наглядно демонстрируют практически неограниченные возможности онтологического уточнения роевого интеллекта для разнообразных приложений картографического мониторинга объектов, включенных в разнообразные контуры интернет вещей (IoT, IIoT, IwT и др.), требующих оперативного умного ситуационного анализа, прогнозирования и целедостижения. Онтологическая модель гибкого реактивного поведения роевого интеллекта хорошо дополняется известными методами непрерывного цифрового вейвлет-контроля сигнальной информации для упреждения необратимых трансформаций.

Учитывая сверхвысокие требования к реализации вычислительного интеллектуального процесса в режиме реального времени, большую значимость приобретают решения в области его программно-аппаратных ускорителей. Анализ показывает достаточно обширный спектр соответствующих разработок. Значительные интерес представляют следующие направления: облачные операционные системы обработки прикладных облаков (гиперконвергентные платформы), технологии аппаратного обучения [20], гибко масштабируемое хранение неструктурированных данных [21], интеллектуальные анализаторы запросов к информационным ресурсам [22-24].

Приведенный методологический задел позволил сформировать онтологическую модель «фрактального нейродинамического роевого интеллекта», формализующую комплексный метод вычислительного интеллекта для форсайтного геопроцессинга и его реализации на специализированном вычислителе. В ее основе лежит понятие предфрактального графа, профиль «развивающейся системы развивающихся систем» (РСРС). Формально профиль РСРС определяется как развивающаяся структура G_k , $k \in N$, получаемая в результате итеративной замены ребер по стандарту G_0.

На рис. 1 представлены примеры простейших профилей G_0.

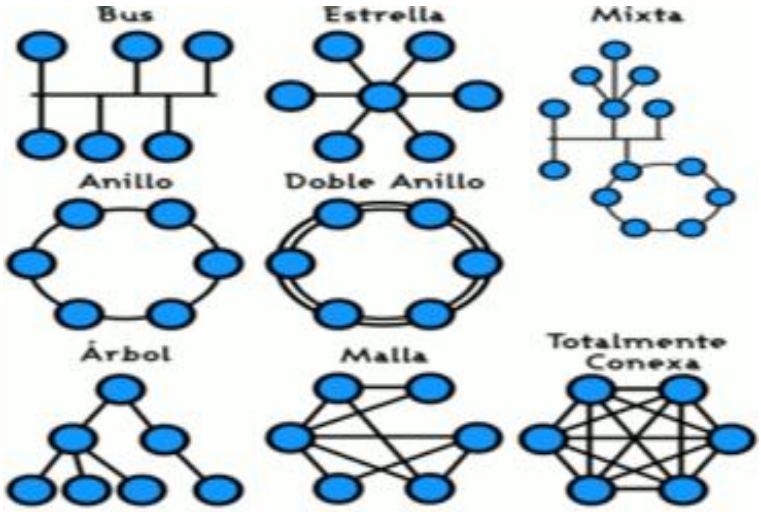


Рис.1 Образцы профилей развития

Представленные образцы позволяют строить как гомогенные, так и гетерогенные профили развития, основанные на композиции образца одного типа или наборы разных образцов соответственно. К числу практически значимых онтологических аспектов РСРС относятся следующие.

- Онтология социальной сети участников форсайт проектов.
- Онтология единой системы целеполагания и распределенной системы целедостижения коллаборативного роевого интеллекта.
- Онтология методов вейвлет-анализа и вейвлет-прогнозирования устойчивых трендов в динамике индикаторов геопространственного роста и развития на разных уровнях масштабирования.
- Онтология обучаемых нейродинамических моделей масштабного роста
- Онтология классификаторов объектов (природных, хозяйственных, информационных, административных и др.), индикаторов, калибровки фазовых переходов динамических процессов (уровней угроз, уязвимостей, синергетических эффектов, уровней интеллекта и др.).

Масштабность информационной базы и алгоритмическая сложность обусловливает необходимость самоорганизации управляемой кодом технологической развертки цепочек инфраструктур данных, ориентированных на соответствующий набор услуг вычислительного интеллекта. Принципиальная схема такого подхода представлена на рис.2.



Рис. 2. Принцип самоорганизации on-line форсайтного геопроцессинга

Заключение

Рассмотренный в работе принцип цифровизации крупномасштабного коллаборативного управления стал обобщением практики разработки многосвязной системы услуг управленческой

аналитики федерального и отраслевого уровня. Среди них отметим построитель отраслевой цепочки добавленной стоимости, построитель контроллинга динамики антропогенной нагрузки водопользователей водных бассейнов, контроллинг индикаторов коллаборативности бюджета программно-целевого развития федеральных целевых программ и др.

Литература

1. *Geodin* — http://www.geodin.com/de
2. *Hexagon US Federal* —https://hexagonusfederal.com
3. *GeoCloud* — https://gisinfo.ru
4. *Иннотер* — https://innoter.com/
5. *Брагин Т.М., Степанов А.М., Степанов М.Ф.* Исследование нейросетевого вычислителя интеллектуальной самоорганизующейся системы управления. – Вестник СГТУ. 2014. № 4 (77). С.166-173
6. *Nazmul Siddique, Hojjat Adeli* Computational Intelligence: Synergies of Fuzzy Logic, Neural Networks and Evolutionary Computing. — John Wiley & Sons, 2013.
7. *Згуровский М.З., Зайченко Ю.П.* Основы вычислительного интеллекта — К.: Изд. «Наукова думка», 2013. 406 с.
8. *Yongmei Lu*, Junmei Tang Fractal dimension of a transportation network and its relationship with urban growth: a study of the Dallas Fort Wortharea [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 9 .*http://www.envplan.com/fulltext_temp/0/b3163.pdf* (дата обращения 1.09.2015).
10. *Сурнина Н.М., Шишкина Е.А.* Применение фрактального подхода в региональных исследованиях: признаки, критерии и принципы моделирования региональных фракталов- Известия УрГЭУ, 6(50) 2013, с.94-100.
11. *Сурнина Н.М., Шишкина Е.А.* Исследование особенностей развития социальноэкономического пространства макрорегиона на основе свойств иерархичности и фрактальности // Изв. Урал. гос. экон. ун-та. 2012. №6 (44).
12. *Туркин А.А.* Фрактальный анализ в рассмотрении общественных систем // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – № 2 (10). – С. 283–288.
13. *Жуков Д.С., Канищев В.В., Лямин С.К., Мовчко Ю.И.* Центр фрактального моделирования: развитие инструментария для исследования социальных феноменов – Вестник Пермского университета, 2014, выпуск 3(26), с.14-26
14. *Кочкаров А. А.* Предфрактальные графы в проектировании и анализе сложных структур: препр. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. 2003 № 10. 23 с.
15. *Павлов Д.А.* Моделирование крупномасштабной транспортной сети предфрактальными графами – Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственно аграрного университета. 2017, №1 31, с. 1035-1045. Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар.
16. *Нечаев Ю.И*. Комплексная онтология нейродинамической системы в современной теории катастроф: структурная и функциональная конфигурация – Онтология проектирования. Научный журнал, 2013, №4, с.18-27
17. Информационно коммуникационные технологии. Роевой интеллект технических систем. - Глобальные технологические тренды. Трендлеттер №13, 2015, Высшая школа экономики. https://www.hse.ru/data/2015/09/23/1075376078/Trendletter13%20(19).pdf
18. *Dervis Karaboga* An idea based on honey bee swarm for numeral optimization, 2005.
19. Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili, Andrew Lewis Grey Wolf Optimizer, 2014.
20. *Водолазский И.А., Егоров А.С., Краснов А.В*. Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации // Молодой ученый. — 2017. — №4. — С. 147-153. — URL https://moluch.ru/archive/138/38900/
21. Нейронные сети на мемристорах— https://nplus1.ru/news/2015/05/08/memristors
22. Флеш-память — https://habr.com/ru/company/dell_emc/blog/330088/
23. *Гурин Н. И., Герман О.В.* Организация структуры электронной обучающей системы с активным контролем приобретаемых знаний // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2009. – Вып. XVII. –С. 107–110.
24. *Грачев А.Н.* Интеллектуальные датчики-анализаторы сложных многокмпонентных сред Датчики и системы, 2002.
25. *Измерительно-вычислительные комплексы* - https://bstudy.net/729150/tehnika/izmeritelno_vychislitelnye_kompleksy

СРАВНЕНИЕ ДВУХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЗЛА КРУПНОМАСШТАБНОЙ СЕТИ[108]

Ташев Т.Д.[1], Баканов А.С.[2]

[1]Институт информационных и коммуникационных технологии БАН
Болгария, София 1113, ул. Акад. Г.Бончев" бл.2, ИИКТ-БАН,
[2]Институт психологии РАН, Россия, 129366, Москва, ул. Ярославская, д.13
ttashev@iit.bas.bg, arsb2000@pochta.ru

Аннотация: Настоящая работа посвящена вопросам, связанные с оценкой производительности расчета пропускной способности (ПС) узла крупномасштабной распределенной информационной системы с использованием MIMA-алгоритма и LPF-алгоритма. В рамках проведенных исследований была разработана модель для компьютерного моделирования, включающая модифицированный вариант MIMA-алгоритма, описаны полученные результаты.

Ключевые слова: мониторинг, моделирование, крупномасштабные распределенные сети, пропускная способность.

Введение

Проблема вычисления бесконфликтного расписания для коммуникационного узла крупномасштабной информационной сети, с пакетной передачей, относится к важным задачам, которые необходимо решать на этапе проектирования крупномасштабной сети обмена данных [Chao and Lui, 2007]. Коммуникационный узел для коммутации пакетов с матричным переключателем (коммутатор - Crossbar Switch Node) должен максимально ускорять передачу пакетов данных используя параллелизм путей в своем коммутационном поле (switching fabric) [Hu et al., 2014]. В идеальном случае узел передает пакеты между узлами, подключенными к его портам, с той скоростью с которой эти узлы генерируют пакеты, не внося дополнительных задержек и не теряя ни одного пакета. Достижение этой цели обеспечивает бесконфликтное расписание коммутации, вычисляемое управляющим блоком (scheduler) коммутатора [Gupta and McKeown, 1999].

Математически доказано, что задача для вычисления бесконфликтного расписания является NP-полной. Существующие алгоритмы решения удовлетворяют требованиям частично, используя математический аппарат теории массового обслуживания, а также генетические алгоритмы, матрицы-маски и др. [Rojas_2017].

Увеличение пропускной способности связных каналов, а также объемов коммуникационного трафика требует создания новых алгоритмов. Первый шаг при проверке эффективности нового алгоритма для расчета бесконфликтного расписания – это моделирование пропускной способности (ПС) коммутатора при равномерно распределенном входящем трафике (i.i.d. Bernoulli). На следующем шаге выполняется проверка при неравномерно распределенном трафике. Для коммутатора крупномасштабной сети такие проверки надо произвести для коммутационного поля большой размерности (больше 32x32). Это можно рассматривать как крупномасштабное моделирование по сравнении с классическим выбором размеров поля (типа 8x8, 16x16, 32x32)) [Hu et al., 2014].

1 Описание алгоритмов и условий моделирования

Для вычисления бесконфликтного расписания был предложен новый алгоритм, названный МиМа-алгоритм (Minimun of Maxima). Он создан с использованием аппарата Обобщенных сетей [Atanassov_1997]. Его формальное описание опубликовано в [Tashev_2016]. МиМа-алгоритм является представителем класса „весовых" (weight-match [Rojas_2017]) алгоритмов. В настоящей работе производится сравнение МиМа-алгоритма с другими представителями этого класса алгоритмов. Для сравнения был выбран LPF-алгоритм [Mekkittikul_1998].

Выбор LPF-алгоритма, обусловлен тем, что для него показано, что он является оптимальным как для класса „весовых" (weight-match), так и для класса „не-весовых" (size-match) алгоритмов.

Было проведено компьютерное моделирование пропускной способности узла с использованием LPF-алгоритма тем же способом, как и для МиМа-алгоритма ([Tashev_2016]), чтобы иметь сопоставимые результаты. Для расчета был использован программный пакет Vfort, предоставленный для свободного пользования Институтом прикладной математики РАН [Vabishchevich_2019]. Расчеты выполнены на высокопроизводительной грид-структуре HPCG (High-performance grid cluster) - HP Cluster Platform Express 7000 enclosures with 36 blades BL 280c (Total 576 CPU cores) -

[108] Статья *подготовлена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00833А.*

Института Информационных и коммуникационных технологий Болгарской Академии Наук (www.hpc.acad.bg/system-2/). Компилирование и выполнение производились локально в грид-структуре.

2 Результаты компьютерного моделирования

В качестве входных данных для вычисления бесконфликтного расписания использовалась матрица заявок T для равномерно распределенного входящего трафика. Поскольку в настоящей работе описывается начальная стадия исследований, то для сравнения указанных алгоритмов, был выбран первый представитель семейства шаблонов для T см. [Tashev_2016]. В нашем случае это матрица, чьи элементы принимают значение 1 (Шаблон1).

На рис.1 и 2 показаны результаты вычислений LPF-алгоритма. Расчет был выполнен для размерности коммутационного поля (n x n) матричного переключателя узла от (3x3) до (100x100). По горизонтальной оси показана размерность n входной матрицы T (k x k). По вертикальной оси влево показана ПС (throughput) алгоритма, усредненная по 10 000 вычислений. По вертикальной оси (вправо) - время для вычисления расписания (в секундах, усредненное также по 10 000 вычислений). LPF-алгоритм выбирает случайным образом элемент для коммутации в случае, когда есть несколько элементов с одинаковым максимальным весом. Для получения необходимой точности значения ПС, оказалось необходимым провести 100 000 вычислений.

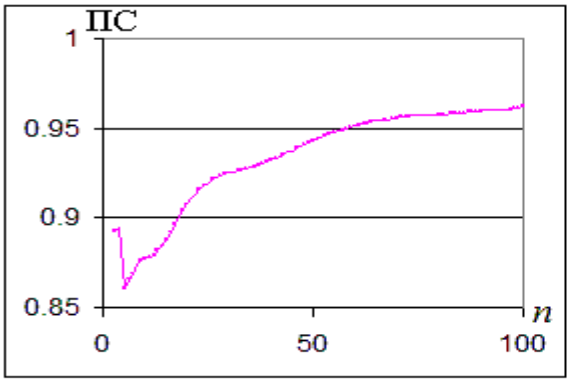


Рисунок 1. ПС для LPF-алгоритм

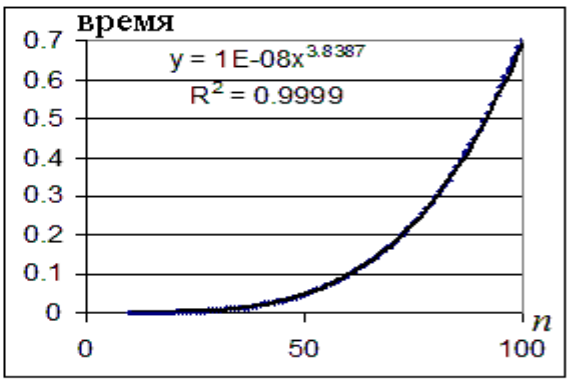
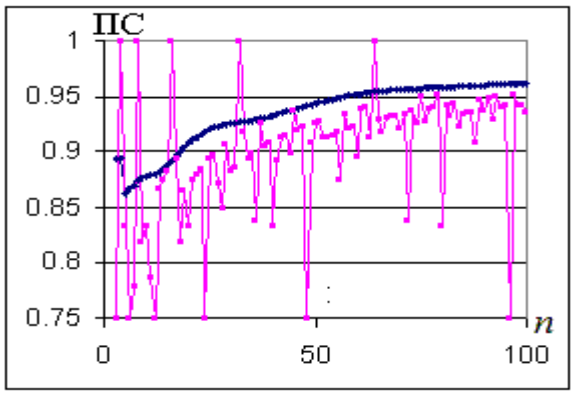


Рисунок 2. Время вычисления для LPF

На рис.3 и 4 показано сравнение результатов работы с Мима-алгоритма [Tashev_2015]. Качественные выводы достаточно определены – МиМа-алгоритм имеет меньшую ПС, но зато и меньшую вычислительную сложность. На правой границе участка ПС (n=100) у МиМа-алгоритма она хуже на ~2% . Можно высказать предположение, что при возрастании n разность в ПС должна будет уменьшаться, так как обе ПС стремятся к одному значению (100%).



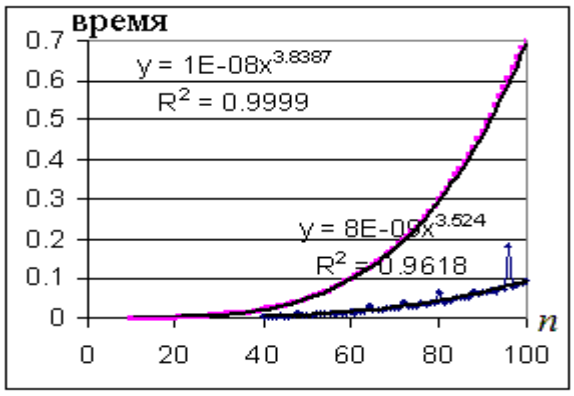


Рисунок 3. Сравнение ПС с МиМа-алгоритма *Рисунок 4. .Время вычисления для оба алг-ов.*

При увеличении размерности коммутационного поля, после прохождения некоторого значения n у МиМа-алгоритма ПС будет совпадать с оптимумом предоставляемым LPF-алгоритмом (например разность будет менее 1%), при (значительно) меньших затратах на время вычисления.

При будущих исследованиях планируется провести моделирование при больших n (примерно 100x100 и более) с целью определения значения, при котором разность в ПС будет менее 1%.

Литература

1. Баканова Н.Б. Использование программно-технических комплексов для повышения эффективности контроля в системах документооборота //«Электросвязь». 2007. № 6. С. 51–53.

2. Ташев Т.Д., Баканов А.С. Разработка модели пропускной способности сети с использованием MIMA-алгоритма // «Электросвязь» 2017 №8 С. 32-35.

3. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с.

4. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Соловьев М.М. Моделирование развития крупномасштабных систем. – М.: Экономика. 1983. – С.35-38.

5. Chao, H., B. Lui, High performance switches and routers. John Wiley & Sons, 2007.

6. Hu, B., K. Yeung, C. He. On Iterative Scheduling for Input-queued Switches with a Speedup of 2-1/N. Proceedings of 15th IEEE Int. Conf. HPSR 2014, July 1-4, 2014, Vancouver, Canada, pp.26-31.

7. P.Gupta, N.McKeown. Designing and Implementing a Fast Crossbar Scheduler. IEEE Micro, Jan-Feb 1999, pp. 20-28.

8. Rojas-Cessa R.. Interconnections for Computer Communications and Packet Networks. CRC Press, 2017.

9. Atanassov, K. Generalized Nets and System Theory. Prof. M.Drinov Acad. Publ. House, Sofia, Bulgaria, 1997.

10. Tashev, T., M. Marinov, V. Monov, R. Tasheva. Modeling of the MiMa-algorithm for crossbar switch by means of Generalized Nets. Proc. of Intelligent Systems (IS), 2016 IEEE 8th International Conference on, Sofia, p. 593-598, 2016.

11. Mekkittikul A., N. McKeown, A practical algorithm to achieve 100% throughput in input-queued switches. Proceedings of IEEE INFOCOM'98, March 1998. pp. 792-799.

12. Vabishchevich P. VFort. http://www.nomoz.org/site/629615/vfort.html (last checked June 1, 2019).

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Фатеева Ю.Г., Легович Ю.С., Ефремов А.Ю., Гончаренко В.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
jfateeva@ipu.ru, legov@ipu.ru, andre@ipu.ru, vladimirgonch@mail.ru

Аннотация: Доклад посвящен анализу существующих методов сбора данных и оценке перспективных тенденций создания геоинформационных карт загрязнения атмосферного воздуха. Предложен метод поиска источника загрязнения атмосферного воздуха с помощью разработанного мобильного приложения на основе гео-ориентированной социальной сети и беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: экологический мониторинг, обнаружение источника загрязнения, карты загрязнения воздуха, беспроводная сенсорная сеть, общественная сенсорная сеть, краудсорсинг, мобильное приложение, беспилотные летательные аппараты.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха сегодня является серьезной проблемой во многих развивающихся странах. Загрязнение воздуха было признано девятым по величине фактором риска для здоровья живых организмов во всем мире [1].

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) в 2016 году загрязнение атмосферного воздуха в городах и сельских районах привело к 4,2 миллионам случаев преждевременной смерти в мире [2].

Для осуществления осведомленности городских жителей о состоянии окружающего воздуха необходимо создать условия для непрерывного сбора и анализа данных с высоким временным и пространственным разрешением. На основе получаемых данных необходимо строить карты и модели прогнозирования загрязнения, которые удобно интегрировать с алгоритмами поиска источников загрязнения воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Данное исследование посвящено поиску эффективного метода мониторинга динамических изменений качества воздуха в крупных городах путем анализа пространственно-временных тенденций в гео-ориентированных сообщениях на разработанной платформе мобильного приложения CheckAir и его интеграцию с существующими алгоритмами поиска источников загрязнения воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов.

1 Существующие методы сбора данных о загрязнении атмосферного воздуха

1.1 Станции экологического мониторинга

Для непрерывного анализа состояния атмосферного воздуха в городах обычно используются широкие сети автоматических стационарных и мобильных станций контроля загрязнения атмосферного воздуха, передвижные лаборатории и лабораторные базы. Именно от них в основном и поступают данные о чрезвычайных происшествиях и случаях аварийных выбросов загрязняющих атмосферу веществ.

Основными же недостатками таких контрольных станций являются их габариты, вес, дороговизна самого оборудования и его обслуживания. Так же традиционные стационарные станции системы мониторинга не всегда способны обнаружить повышенную концентрацию опасных веществ из-за недостаточной плотности своего размещения и сложности масштабируемости.

1.2 Беспроводные сенсорные сети

В то же время с каждым годом растет число портативных недорогих датчиков измерения загрязнения окружающего воздуха. Они обладают небольшими размерами, быстрым временем отклика (от нескольких секунд до минуты) и невысокой стоимостью. Их повсеместное использование позволяет увеличить пространственно-временное разрешение получаемых данных о состоянии окружающей среды. И на основе получаемых данных строить точные гео-информационные карты и модели загрязнения воздуха. Поэтому исследователи в последние годы активно развивают Систему мониторинга загрязнения воздуха следующего поколения (TNGAPMS), объединяя недорогие портативные измерительные датчики в беспроводную сенсорную сеть (WSN). TNGAPMS помогает исследователям более эффективно и точно исследовать распределение уровня загрязнения воздуха, строить модели оценки качества воздуха и прогнозирования [3].

Существующие беспроводные сенсорные сети (WSN) можно разделить на три категории по типу несущих сенсорных узлов: сеть статических датчиков (SSN), общественная сенсорная сеть (CSN) и сеть датчиков на транспортных средствах (VSN) [4]. Каждая из сенсорных сетей обладает рядом преимуществ и недостатков.

2 Применение гео-ориентированных социальных сетей для экологического мониторинга

2.1 Тенденции использования социальных сетей для экологического мониторинга

В последнее время все большую популярность набирают аналитические системы социальных сетей для анализа данных и прогнозирования различных ситуаций, в том числе это касается и экологической обстановки в окружающем нас мире.

Как показывают исследования [5], проведенные в 2015 году в КНР, мониторинг загрязнения окружающего воздуха возможно осуществлять, анализируя реакцию жителей городов в социальных сетях. Каждый владелец мобильного телефона в этом случае выступает «социальным датчиком», который улавливает любые ощутимые изменения в окружающем его пространстве и делиться этой информацией в своих социальных сетях. Коэффициент корреляции Пирсона между AQI и сообщениями из мобильных приложений о загрязнении воздуха в течении 12 месяцев был выше 0,6. Когда AQI увеличивался, частота сообщений о загрязнении через мобильные приложения также увеличивалось. Таким образом, сообщения приложений о загрязнении, как индикатор общественного восприятия загрязнения воздуха, были тесно связаны с AQI и могли отражать динамику AQI.

2.2 Созданная мобильная платформа данных о загрязнении окружающего воздуха

Если говорить о мобильных приложениях, то в последнее время все большую популярность среди жителей городов набирают приложения, которые показывают агрегированные данные, получаемые со стационарных станций экологического мониторинга, сети портативных датчиков, а также спутников. Такие приложения не только агрегируют и предоставляют данные о состоянии загрязнения в режиме реального времени, но и используют алгоритмы прогнозирования изменения ситуации. Существенным недостатком таких приложений является то, что они используют данные с тех же станций, которые зачастую не фиксируют наличие превышения предельно допустимых концентраций химических веществ.

Разработанное нами мобильное приложение CheckAir позволяет жителям городов не только получать данные о локальной экологической ситуации, но и самим выступить в роли сети датчиков и добавлять данных о превышении концентрации химических веществ в воздухе на интерактивную карту мобильного приложения.

В ходе экспериментов, неоднократно было установлено, что данные, полученные от стационарных станций экологического мониторинга и данные, поступающие на мобильную платформу от людей о загрязнении окружающего воздуха, кардинально отличаются, что служит сигналом для поиска источника загрязнения и более внимательного изучения районов загрязнения органами природоохраны.

Таким образом, CheckAir – это геоинформационная карта с высоким пространственно-временным разрешением проблемных зон. Используя данные такой «народной» карты загрязнения легко вычисляется источник загрязнения вблизи явно проблемных зон - либо с помощью наземных мобильных станций экологического мониторинга, либо БПЛА, оснащенных газоанализаторами.

3 Поиск источника загрязнения воздуха градиентным методом

Обнаружение источника загрязнения воздуха до сих пор остаётся трудоемкой и длительной во времени задачей. Для обнаружения источника загрязнения воздуха последние годы всё чаще используются БПЛА с полезной нагрузкой в виде бортовых автоматических газоаналитических систем для непрерывного определения концентрации вредных примесей.

Градиентные методы поиска оптимальных решений обладают множеством преимуществ перед методами ненаправленного поиска, главное из которых заключается в резком сокращении количества вычислений для достижения экстремума.

Ввиду того, что эффект распространения загрязнения воздуха в вертикальном направлении намного слабее, чем в горизонтальном [6], допустим переход от трехмерного поиска к двумерному. Благодаря чему достигается упрощение вычислений и эффективное уменьшение площади поиска.

Интерес представляет работа [7], в которой рассматривается комбинированный подход обнаружения источника загрязнения на основе градиентного поиска и вероятностного метода. БПЛА использует метод на основе градиента для отслеживания концентрации загрязняющего вещества, который дополняется поиском положения источника на основе вероятностной модели, представленной в [8], в которой используется байесовский метод для построения и обновления карты вероятностей местоположения источника загрязняющего вещества, с каждой новой доступной сенсорной информацией, пока БПЛА перемещается в окружающей среде.

Далее градиентный цикл обработки вычисляет позиции для перемещения БПЛА между точками на маршруте p_k. Для получения информации об изменении концентрации загрязнения воздуха между точками p_{k-1} и p_k, используется историческая информация $\psi_k = \{\psi(t): p(t) \in (p_{k-1}, p_k)\}$.

Эксперименты, представленные в работе [7], показывают достаточно точные результаты в поиске источника загрязнения представленным выше методом.

Проблему выявления точки отсчета для дальнейшего поиска локального максимума загрязнения воздуха, можно решить с помощью интеграции данных, получаемых из мобильного приложения CheckAir.

Заключение

В данной работе был проведен обзор существующих способов сбора данных о загрязнении окружающего воздуха. Развивающаяся сеть беспроводных датчиков начинает играть важную роль в составлении геоинформационных карт загрязнения воздуха и служит весомым дополнением к высоконадежным и дорогим стационарным станциям экологического мониторинга. Также был предложен способ сбора данных об окружающем воздухе с помощью разработанного мобильного приложения CheckAir, которое позволяет собирать данные напрямую от пользователей мобильного приложения и дополнять геоинформационную карту, получаемую с помощью обработки данных из открытых интерфейсов прикладного программирования (API). Кроме того, была рассмотрена задача поиска источника загрязнения градиентным методом при помощи БПЛА. Отметим, что для многих алгоритмов очень важно определить начальную точку поиска, выбор которой как раз и может быть сделан с помощью данных, собираемых мобильным приложением CheckAir.

Литература

1. Lim S.S., Vos T., Flaxman A.D., Danaei G., Shibuya K., Adair-Rohani H., AlMazroa M.A., Amann M., Anderson H.R., Andrews K.G., et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. Lancet. 2012

2. World Health Organization Ambient (Outdoor) Air Quality and Health. [(accessed on 20 August 2015)]. Available online: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/

3. *Bravo M.A., Fuentes M., Zhang Y., Burr M.J., Bell M.L.* Comparison of exposure estimation methods for air pollutants: Ambient monitoring data and regional air quality simulation. Environ. Res. 2012;116:1–10.

4. *Wei Ying Yi, Kin Ming Lo, Terrence Mak, Kwong Sak Leung,* A Survey of Wireless Sensor Network Based Air Pollution Monitoring Systems, Sensors, 2015
5. *Wei Jiang ,Yandong Wang ,Ming-Hsiang Tsou , Xiaokang Fu* Using Social Media to Detect Outdoor Air Pollution and Monitor Air Quality Index (AQI): A Geo-Targeted Spatiotemporal Analysis Framework with Sina Weibo (Chinese Twitter), 2015, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141185
6. *A. Daly and P. Zannetti*, "Air pollution modeling– An overview," Ambient air pollution, pp. 15–28, 2007, http://envirocomp.org/books/chapters/2aap.pdf¿ (accessed 12.04.2018).
7. *Noé Marcelo Yungaicela, Youmin Zhang, Luis E. Garza-Castañón, Ismael Minchala*UAV-based Air Pollutant Source Localization Using Gradient and Probabilistic Methods, 2018 International Conference on UAS (ICUAS), Dallas, TX, USA, June 12-15, 2018
8. *S.PangandJ.A.Farrell,"*Chemicalplumesourcelocalization,"IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), vol. 36, no. 5, pp. 1068–1080, 2006.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МОНИТОРИНГА СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Чинакал В.О.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
chinakal@ipu.ru, chinakal-slava@yandex.ru

Аннотация: Рассматриваются основные концептуальные вопросы создания перспективных систем усовершенствованного мониторинга (AMS - Advanced Monitoring System) состояния сложных промышленных объектов в классе непрерывных производств. Разработанная структура AMS обеспечивает комплексную обработку измеряемой и технологической информации об объекте с использованием интеллектуальных методов анализа данных, прогнозирования и ретроспективного оценивания.

Ключевые слова: усовершенствованный мониторинг, технологические процессы, интеллектуальные методы, прогнозирование, ретроспективный анализ.

Введение

Совершенствование систем мониторинга сложных крупнотоннажных промышленных объектов (СПО) в классе непрерывных и непрерывно-дискретных технологических производств (нефтехимия, нефтепереработка, строительные материалы и др.) является чрезвычайно актуальной задачей [1]. Применительно к данному классу СПО в данной работе разрабатывается концепция построения систем усовершенствованного мониторинга - AMS (Advanced Monitoring System), как развитие подхода, предложенного в [2]. Разработка эффективных AMS-систем и их промышленное применение рассматривается в качестве общего источника проверенных оперативных и интегрированных данных для использования и в традиционных АСУТП, и в системах усовершенствованного управления непрерывными технологическими процессами (ТП) (APC-системы [3]) , и в диспетчерских (MES) системах [1]. При этом необходимо учитывать целый ряд характерных особенностей и разнообразных ограничений, свойственных многим производствам данного типа (измерения часто разновременные, запаздывающие, редкие и разной точности, наличие взаимного влияния параметров, сложность описания динамических процессов, не стационарность процессов, различные виды неопределенности и т. п.) [4].

Наличие единой системы AMS позволит в дополнение к традиционным методам оценивания параметров ТП [5] использовать современные методы интеллектуального анализа оперативных данных [6,7], учесть имеющуюся дополнительную технологическую информацию о типах и параметрах сырья, заданных требованиях к режимам его переработки на различных установках с учетом их состояния, имеющихся ресурсов и влияния других значимых факторов. В итоге применение AMS может существенно повысить общую эффективность управления СПО для данного класса производств.

В докладе наиболее подробно рассмотрены следующие вопросы:

- основные требования к проектированию AMS с учетом специфических особенностей задач контроля и управления в данном классе непрерывных ТП;
- концепция построения AMS с различными вариантами структуры при применении традиционных систем управления и систем APC в АСУТП;

- особенности применения интеллектуальных методов и прогнозирования для получения необходимой дополнительной информации при выборе вариантов текущих моделей, алгоритмов оценивания и управления работой AMS.

1 Основные требования к проектированию AMS

Основные требования к проектированию эффективной системы мониторинга типовых СПО рассматриваются с учетом основного назначения AMS, условий использования системы и фактических проблем в оперативном оценивании состояния таких объектов. Основное назначения AMS – своевременное обеспечение всех систем управления СПО надежными оценками текущих и прогнозируемых значений ключевых (контролируемых, регулируемых и вычисляемых) параметров ТП (КП), а также формированием сигналов (алармов) при выходе значений этих параметров за допустимые пределы. Кроме формирования оперативных данных AMS накапливает данные для оценки состояния технологических агрегатов с учетом различных скоростей дрейфа КП этих агрегатов, а также формирует соответствующие алармы. Это позволяет своевременно обнаруживать критические уровни изменения эффективности работы агрегатов.

В работе обсуждаются возможности использования ряда моделей типовых ТП для оценки КП в зависимости от различных причин. Чаще всего такие изменения возникают вследствие резких технологических воздействий или в результате постепенного износа, коррозии, процессов старения, формирования различных отложений, физических и химических воздействий и т.п. Изменения состояния агрегатов могут проявляться в виде изменений соответствующих измеряемых значений как количественных, так и качественных показателей.

Одной из характерных особенностей контроля большей части качественных показателей ТП СПО является большое запаздывание (4,8 и более часов) из-за использования лабораторных методов контроля КП потоков и резервуаров. Это значительно снижает эффективность использования традиционных алгоритмов контроля и управления на базе типовых регуляторов, а применение поточных анализаторов ККП связано с большими капитальными и эксплуатационными затратами [1].

В связи с этим в промышленности получило распространение использование так называемых виртуальных анализаторов (ВА), построенных на базе косвенных регрессионных моделей и используемых, в частности, в усовершенствованных системах управления – APC [1,3]. При построении и корректировке параметров модели ВА используются методы текущего регрессионного анализа, а в APC методы предикторного управления [3]. Данный подход достаточно эффективен при не слишком больших вариациях состава сырья, хорошей стабилизации режимов работы установок и возможности периодической корректировки отклонений регулируемых показателей.

При существенных колебаниях состава сырья, и значительных изменениях режимов работы установок точность оценки параметров технологических потоков с помощью ВА значительно уменьшается. В связи с этим в работе предлагается обеспечить с помощью AMS выбор и настройку виртуальных анализаторов с использованием альтернативных моделей [8]. Начальные и адаптируемые значения параметров этих моделей выбираются и корректируются на основе анализа всей имеющейся информации. Выбор применяемых методов текущей регрессии и начальных параметров производится с использованием продукционных правил, автоматически учитывающих конкретную ситуацию с типом сырья, текущие оценки его качества, заданные режимы работы установки и фактические возможности систем измерения [6,7].

2 Концепция построения AMS

Обсуждается концепция построения AMS, ориентированная на обеспечение эффективной работы современных систем автоматизированного управления распределенными СПО на различных уровнях контроля и управления. Рассматриваются основные задачи и различные варианты структур AMS, позволяющие максимально использовать всю имеющуюся измеряемую и технологическую информацию. Комплексная обработка этой информации включает:

- оперативное оценивание текущего состояния всех установок объекта управления и соответствующих им ключевых параметров технологических процессов;
- прогноз возможных изменений текущих состояний и параметров на различные интервалы времени в сочетании с ретроспективным анализом данных (для определения значений «скользящих» окон) и автоматическим анализом ситуаций;
- автоматический анализ тенденций развития ситуаций с последующим выявлением на ранней стадии симптомов развития нештатных и аварийных ситуаций, сравнение эффективности применении различных моделей ВА и предикторных моделей в APC.

Обсуждаются основные этапы последовательной разработки AMS:

- Формируется структура базы данных AMS и собираются архивные данные работы установок СПО;
- -Обрабатываются архивные данные измерений параметров ТП СПО и строятся обобщенные оценки параметров различных косвенных моделей с учетом возможных диапазонов изменений параметров сырья, выходных продуктов установок и технологических требований по режимам работы установок и требованиям к выпуску продукции;
- Решается задача классификации типовых ситуаций по сочетаниям основных видов перерабатываемого сырья, соответствующих средних и граничных режимов работы установок и требований по выпуску продукции;
- Формируется библиотека стандартных алгоритмов оценивания параметров различных моделей;
- Программируется нестандартное прикладное программное обеспечение;
- Формируются продукционные правила для распределенных баз знаний (БЗ), предназначенных для выбора: моделей ВА и АРС на основе классификации типовых ситуаций; моделей изменения качества сырья; алгоритмов оценивания параметров моделей и сравнения их эффективности, а также для эффективного управления работой AMS;
- Строятся начальные базы знаний, построенные на базе продукционных правил. БЗ используется оперативного выбора типа моделей для различных параметров ТП и алгоритмов обработки данных.
- Формируется полномасштабная имитационная модель, на которой выполняется проверка эффективности работы алгоритмов AMS для заданных типовых ситуаций и построенных моделей изменения параметров сырья, ТП и режимов работы установки;
- Определяются индикаторы (симптомы) раннего обнаружения изменения ключевых характеристик сырья и параметров продуктов с использованием методов имитационного моделирования различных ситуаций;
- В случае необходимости уточняются параметры БЗ и проводится повторное моделирование тех типовых ситуаций, для которых были обнаружены ошибочные оценки параметров ТП или ситуаций.

Заключение

Разработка эффективных AMS-систем и их промышленное применение в качестве основного источника оперативных данных как для традиционных АСУТП, так и, особенно, для систем усовершенствованного управления непрерывными ТП (APC- системы [1]) позволит существенно повысить общую эффективность использования комплекса AMS+APC для этого класса производств.

Литература

1. Ицкович Э.Л. Методы комплексной автоматизации производства предприятий технологических отраслей. М.: КРАСАНД, 2013. 232 с.

2. Чинакал В.О. Об одном подходе к мониторингу непрерывных технологических процессов. // Труды 17-ой международной конференции CAD/CAM/PDM – 2017 «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта» — М.: ИПУ РАН, 2017, стр.438-440.

3. Ицкович Э.Л., Дозорцев В.М., Кнеллер Д.В. Усовершенствованное управление технологическими процессами (APC): 10 лет в России // Автоматизация в промышленности. 2013. №1. с. 12-19.

4. Чинакал В.О. Проблемы проектирования подсистем оперативного оценивания состояния сложных промышленных объектов. // Материалы 15ой международной конференции CAD/ CAM/ PDM – 2015 «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта». М.: ИПУ РАН, 2015, стр. 71 -73.

5. Дж. Бокс, Г. Дженкинс. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Выпуски 1, 2. — М.: МИР. 1974, 406 с. и 197 с.

6.*Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход, 2ое изд. М.: Изд. дом «Вильямс», 2007. – 1408 с.

6. Чинакал В.О. Применение интеллектуальных средств в системе мониторинга распределенного промышленного объекта. // Материалы пятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD’2011 — М.: ИПУ РАН, 2011, стр.386-389.

7. Чинакал В.О. Проектирование виртуальных анализаторов с использованием альтернативных моделей. // Труды 17-ой международной конференции CAD/CAM/PDM – 2017 «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта» — М.: ИПУ РАН, 2017, стр.364-367.

ОБНАРУЖЕНИЕ СКРЫТЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Чинакал В.О.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
chinakal@ipu.ru, chinakal-slava@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается методика применения интеллектуальных методов анализа данных и методов моделирования для повышения эффективности раннего обнаружения скрытых изменений параметров технологических процессов сложных промышленных объектов в классе непрерывных производств. Обсуждаются возможности применения методики в перспективных системах усовершенствованного мониторинга (AMS - Advanced Monitoring System).

Ключевые слова: обнаружение, скрытые изменения параметров, технологические процессы, непрерывные производства, интеллектуальные методы, моделирование

Введение

При управлении сложными непрерывными технологическими процессами (ТП) в классе непрерывных и непрерывно-дискретных технологических производств (нефтехимия, нефтепереработка, строительные материалы и др.) часто возникают проблемы стабилизации части ключевых технологических параметров выходных продуктов и режимных параметров установок из-за воздействия известных и скрытых изменений (СИ) в характеристиках перерабатываемых потоков и режимных параметров установок [1]. Часть проблем возникает в связи с не полностью и редко контролируемыми изменениями параметров перерабатываемого сырья (фактически «скрытые» изменения- СИ-1), часть из-за влияния скрытых изменений характеристик используемого оборудования технологических агрегатов и установок (СИ-2). Причина или несколько возможных причин возникновения СИ-1 и/или СИ-2 из-за наличия сложных перекрестных динамических связей в ТП могут вызвать не только вполне значительные «измеримые» изменения в целом ряде параметров выходных продуктов или режимных параметров установки, но и привести к возникновению нештатных и аварийных ситуаций. В связи с вышеизложенным разработка методики раннего обнаружения СИ является чрезвычайно актуальной задачей.

1 Методика раннего обнаружения СИ

В докладе рассматривается методика повышения эффективности раннего обнаружения СИ редко измеряемых параметров технологических потоков и СИ параметров самих технологических агрегатов. Методика предназначена для применения в системах усовершенствованного мониторинга - AMS (Advanced Monitoring System). В рассматриваемой методике используются:

- доступные оперативные данных от штатных систем контроля и управления объектом- от поточных датчиков и анализаторов, данные измерений параметров технологических потоков, резервуаров и установок с использованием лабораторных анализов, расчетные данные от виртуальных анализаторов (ВА), (АС или АСУТП) [1], а также дополнительная информация, получаемая в результате применения интеллектуальных методов обработки текущих данных реального времени, актуальных технологических данных и различных архивных данных [2];
- адаптивные модели виртуальных анализаторов, применяемые для оперативной оценки редко измеряемых параметров ТП с учетом их связи с другими, более часто измеряемыми параметрами ТП, а также оперативные корректировки параметров соответствующих косвенных моделей ВА [1] с использованием различных измерений;
- интеллектуальные методы (ИМ) для формирования гипотез и их оценки при различных ситуациях возможного возникновения СИ ТП в прошлом и настоящем времени [2,3];
- методы и алгоритмы моделирования влияния возможных вариантов изменения параметров ТП, имитирующих возникновение СИ-1 и СИ-2, с последующими оценками развития ситуаций в будущем при разных гипотезах о вероятных причинах возникновении возможных СИ в ТП в различные интервалы времени контроля и управления ТП [3];
- формирование индикаторов (симптомов) раннего обнаружения СИ-1 и СИ-2 по результатам обработки измерений [3,4];

Формирование базы знаний (БЗ) в виде продукционных правил и использование встраиваемых интеллектуальных компонентов (ВИК) для реализации логического вывода [4].

Для раннего обнаружения соответствующих признаков нештатных и аварийных ситуаций использовано совместное применение методов моделирования с использованием полномасштабной имитационной модели и интеллектуальных методов обработки текущих данных. Для построения моделей изменения качества сырья, выходных продуктов и анализа режимных параметров ТП использованы реальные архивные данных крупной промышленной установки. Приводятся примеры обнаружения признаков возникновения возможных нештатных и аварийных ситуаций в результате воздействия СИ.

Литература

1. Ицкович Э.Л. Особенности современных АСУТП. – М.: ИПУ РАН, 2017, 523 с.

2. Чинакал В.О. Применение интеллектуальных средств в системе мониторинга распределенного промышленного объекта. // Материалы пятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD'2011 — М.: ИПУ РАН, 2011, стр.386-389.

3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-ое изд. М.: Изд. дом «Вильямс», 2007. – 1408 с.

4. Чинакал В.О. Разработка и применение встраиваемых интеллектуальных компонентов, построенных с использованием матричных методов. // Труды 8-ой международной научно-практической конференции «Инженерные системы – 2015» М.: РУДН, 2015, т.1. стр. 145 -150.

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КОРПОРАТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Широкий А.А.

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
shiroky@ipu.ru,

Натаров А.М.

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, пр-кт. Университетский, 100
natarov.a.m@volsu.ru

Аннотация: В работе предлагается решение проблемы достижения пределов производительности систем мониторинга IT-инфраструктуры в виде модификации архитектуры подсистемы хранения данных. Решение заключается в использовании каскада СУБД двух различных классов: резидентной – для обработки оперативных данных и колоночной – для долгосрочного хранения и анализа.

Ключевые слова: системы мониторинга, хранение данных, модель нагрузки, СУБД для системы мониторинга, оптимизация хранения данных

Введение

Системы мониторинга (СМ) отслеживают изменения состояния узлов (инфраструктуры, программных сервисов, компонентов корпоративных бизнес-приложений и др.), опрашивая или получая данные от них с заданной частотой. Современные СМ должны выполнять две основные функции: контролирующую и аналитико-прогнозную [1, 2].

Пока отслеживанию подвергались показатели работоспособности IT-инфраструктуры предприятия, требования к производительности СМ оставались низкими. Однако в современном бизнесе информационные системы не просто сопровождают рабочие процессы, а являются их основой. Теперь недостаточно просто знать, что сервер запущен и работает: необходимо отслеживать взаимодействие модулей, активность пользователей, и другие сервисные метрики [3]. В связи с этим требования к производительности СМ резко возросли и стала актуальной задача оптимизации мониторинга.

В настоящей работе предлагается вариант решения этой задачи с помощью модификации архитектуры СМ в части подсистемы хранения данных. В такой СМ данные мониторинга поступают в высокотранзакционную СУБД, хранящую их в оперативной памяти, а по истечении заданного администратором времени выгружаются в OLAP-СУБД для долговременного хранения и построения отчётности. Такой способ организации хранения данных позволяет получить практически неограниченные возможности по масштабированию системы мониторинга, гибко настраивать политики сбора и хранения данных, а также, несмотря на некоторое усложнение архитектуры, повысить отказоустойчивость системы в целом.

1 Оценки предельного числа узлов под наблюдением системы мониторинга

1.1. Ограничения производительности системы мониторинга

В общем виде задача оптимизации мониторинга информационных систем формулируется так: максимизировать число одновременно обслуживаемых метрик при заданных ограничениях на ресурсы. Здесь под ресурсами понимается машинное время, необходимое для функционирования СМ, объём памяти, необходимой для работы СМ, занимаемая ею доля пропускной способности сетевых интерфейсов.

На практике стоимость ресурсов неравноценна (системный администратор легко добавит ядро CPU и/или увеличит объём доступной RAM виртуальному серверу, но вряд ли сможет быстро расширить сетевой интерфейс). Число обслуживаемых метрик (и затраты на их обслуживание) также может изменяться – обычно в большую сторону и довольно быстро.

Поэтому оценивать потенциальную производительность системы мониторинга мы будем с помощью синтетического показателя – максимального числа «типовых» узлов, которые система может держать под наблюдением. Наблюдаемым узлом будем считать виртуальный или физический сервер, на котором развёрнут агент СМ. Состав наблюдаемых метрик может быть различным для каждого узла и для каждого конкретного узла определяется индивидуально. Ниже мы предложим два типовых сценария, соответствующего двум доминирующим подходам к организации мониторинга.

Существование ограничения на число наблюдаемых узлов определяется двумя группами факторов: программными (архитектура СМ, её конфигурация, и т. д.) и аппаратными (мощность сервера мониторинга, пропускная способность сетевого интерфейса и др.). На практике главными причинами становятся 1) необходимость принимать (и записывать) большое количество данных, приходящих маленькими порциями с наблюдаемых узлов; 2) сравнительно низкая производительность накопителей в режиме случайной записи [4, 5].

Поэтому вначале необходимо оценить, какой совокупный объём данных мониторинга СМ сможет обработать при заданной конфигурации сервера. После этого можно получить реалистичную оценку максимального числа наблюдаемых узлов в моделируемом сценарии.

1.2. Оценка числа отслеживаемых узлов в типовых сценариях мониторинга

Предложим два модельных сценария, оценим для них объём поступающих в СМ данных, а также произведем расчёт предельного числа узлов n для каждого из сценариев и при использовании различных типов накопителей.

Первый сценарий отражает типичную нагрузку на СМ образца 2005 года и является базовым для компаний, в которых IT и онлайн-сервисы не являются основой бизнеса. Пусть каждый узел отправляет пакет со значениями инфраструктурных метрик c^f = 0,1 Мбайта каждые t = 30 секунд.

Второй сценарий характерен для компаний с высокой степенью проникновения IT в бизнес-процессы (услуги онлайн, IT-компании, высокотехнологичные производства, поставщики сервисов с гарантированной работоспособностью). В таком сценарии к инфраструктурным данным добавляются сервисные метрики и частота сбора данных выше, чем в первом сценарии. Пусть каждый узел отправляет значения инфраструктурных и специализированных показателей каждые 10 секунд ($t^f = t^p = t = 10$). Объём пакета данных с инфраструктурными метриками установим для всех узлов одинаковым – c^f = 0,1 Мбайт. Размеры пакетов данных специализированных показателей c^p зависят от состава развёрнутых на узле сервисов и могут заметно различаться [2].

Положим для узлов с номерами от 1 до $m_1 = [0.3n]$ объём $c_i^p = 1$ Мбайт; от $[0.3n] + 1$ до $m_2 = [0.6n]$ – 2 Мбайта; от $[0.6n] + 1$ до $m_3 = [0.9n]$ – 3 Мбайта; а оставшиеся узлы с номерами от $m_3 + 1$ до n, будем считать, не направляют сервисные показатели. Тогда, с учётом вышеприведённых предположений, за одну минуту i-й наблюдаемый узел сгенерирует $c_i = 60\left(c^f + c_i^p\right)/t$.

Оценку предельного числа отслеживаемых системой мониторинга узлов будем выполнять по формуле $n = I/\left(c_{cp}^f + c_{cp}^p/t\right)$, где I – скорость записи в накопитель, а c_{cp}^f и c_{cp}^p – средние объёмы передаваемых узлами пакетов с данными инфраструктурных и специализированных показателей соответственно.

Значение I максимально при последовательной записи, но при этом редко достижимо на практике. При сохранении данных СУБД осуществляет проверку связанных с ними триггеров, которых может быть довольно много [6], поэтому в реальности накопитель будет работать в режиме смешанной нагрузки, чередуя операции чтения и записи.

В таблице 1 приведён расчёт предельного числа узлов в обоих сценариях для различных накопителей. Тестирование производительности накопителей при различных сценариях работы проводилось при помощи прикладной утилиты FIO (Flexible I/O Tester) [7].

Таблица 1. Оценка предельного числа отслеживаемых узлов в различных сценариях мониторинга

Тип накопителя	Значение *I* в режиме смешанной нагрузки	Оценка *n* (сценарий 1)	Оценка *n* (сценарий 2)
NVMe SSD	130,01 Мбайт/с	39 152	1 849
SATA SSD	86,2 Мбайт/с	25 961	1 225
SAS HDD	4,74 Мбайт/с	1 427	67
SATA HDD	1,58 Мбайт/с	475	23

Таким образом, реальные возможности СМ, использующей для хранения данных РСУБД, в окружении, требовательном к частоте мониторинга и генерирующем значительное число метрик, ограничены сотнями узлов. Одно из возможных решений заключается в модификации архитектуры подсистемы хранения данных.

2 Каскадная архитектура подсистемы хранения данных СМ

Основной идеей повышения производительности подсистемы хранения данных является перенос оперативных данных мониторинга (хотя бы за несколько минут) в динамическую память. В этом случае проверки всех метрик на соответствие заданным условиям произойдут до записи на накопитель, что позволит изменить режим его использования на чистую запись – в таком режиме производительность значительно возрастает.

Для хранения таких данных можно использовать in-memory хранилище типа «ключ-значение», (Redis, memcached, Tarantool и т. п.). Через заданный администратором СМ промежуток времени данные перемещаются в специализированную колоночную СУБД, например, ClickHouse (Yandex LLC, Россия), Kdb+ (KX Systems Inc., США) или Vertica (HP Inc., США). Применение NoSQL решений обусловлено спецификой задачи – данные мониторинга всегда отсортированы по времени.

Оценим потенциал СМ с каскадной архитектурой подсистемы хранения. Предложенная схема позволяет записывать данные на накопитель в пакетном режиме – таким образом, предел производительности подсистемы хранения данных существенно отодвигается (см. табл. 2).

Таблица 2. Оценка предельного числа отслеживаемых узлов в различных сценариях мониторинга для системы с каскадной архитектурой системы хранения

Тип накопителя	**Значение *I* в режиме записи**	**Оценка *n* (сценарий 1)**	**Оценка *n* (сценарий 2)**
NVMe SSD	403 Мбайт/с	121 375	5 732
SATA SSD	194 Мбайт/с	58 429	2 760
SAS HDD	110 Мбайт/с	33 129	1 565
SATA HDD	44,5 Мбайт/с	13 402	632

Аналитические запросы к СУБД на накопителе могут снижать скорость записи, но в любом случае не приведут к потере данных, поскольку те сохраняются в проксирующей СУБД в RAM. Объём оперативной памяти для хранения оперативных данных для одной тысячи узлов во втором сценарии за последние 60 секунд составит около 4 гигабайт.

Использование предложенной архитектуры хранения данных существенно увеличивает производительность подсистемы хранения данных СМ и при высоких нагрузках позволит эффективнее использовать имеющиеся серверные ресурсы.

Литература

1. *Julian M.* Practical Monitoring: Effective Strategies for the Real World. – O'Reilly Media, 2018. – 271p.
2. Jones D. Creating Unified IT Monitoring and Management in Your Environment. – Realtime Publishers, 2012 – 92p.
3. *Alhamazani K., Ranjan R., Mitra K., et al.* An overview of the commercial cloud monitoring tools: research dimensions, design issues, and state-of-the-art // Computing Vol. 97. 2015, № 4. – P.357-377.
4. *Croll A.* Complete Web Monitoring. – O'Reilly Media, 2009. – 672p.
5. *Solomon T., Zungeru A. M., Selvaraj R.* Network traffic monitoring in an industrial environment // 2016 Third International Conference on Electrical, Electronics, Computer Engineering and their Applications (EECEA), Beirut, 2016, P.133-139.
6. *A. Vacche, S.* Lee Mastering Zabbix. – Packt Publishing, 2013. – 358p.
7. Github.com [Электронный ресурс]: Flexible I/O Tester – URL: https://github.com/axboe/fio (дата обращения: 08.04.2019).

СЕКЦИЯ 15: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Анохин А.М.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,
г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
amanohin@mail.ru

Аннотация: Рассмотрен новый подход к построению прецизионных средств температурного контроля (ПСТК) для автоматизированных медико-биологических комплексов (АМБК), который устраняет негативный фактор самонагрева чувствительных элементов температурных датчиков. Он основан на использовании метода короткоимпульсной локации термочувствительной полупроводниковой структуры с S-образной вольтамперной характеристикой переключательного типа.

Работа направлена на создание инструментария для решения фундаментальной проблемы прецизионного термомониторинга организма человека, связанной с диагностированием его патологий и заболеваний, а также на повышения точности средств измерений медико-биологических сигналов.

Ключевые слова: S-термосенсор, термомониторинг, хронодиагностика, термодиод, биологически активные точки.

Введение

Компьютерная диагностика, которая находит все более широкое применение во врачебной практике при различных обследованиях больных, а также при диспансеризации населения, использует главным образом биоэлектрические сигналы, снимаемые с различных участков тела. Это - электрокардиограмма, миограмма, энцефалограмма, пульсограмма и другие кривые, по которым можно судить как о состоянии организма в целом, так и о состоянии его отдельных органов и систем. Сигналы, полученные с датчиков, обрабатываются на компьютере по специальным программам, а на монитор в том или ином виде выводятся значения всех выявленных характеристик, по которым врач оценивает состояние организма пациента.

Однако эта методика не всегда обеспечивает достаточное разрешение по локализации очагов дисфункций в организме и необходимую надежность диагноза из-за интегрального характера снимаемых сигналов. Гораздо более информативными являются сигналы, связанные с функционированием так называемых точек акупунктуры, т.е. биологически активных точек (БАТ). Исследования показывают [2], что динамика температуры в таких точках с большой достоверностью коррелирует с состоянием связанных с ними органов человека. Трудность здесь заключается в том, что в настоящее время не существует адекватно подходящих датчиков температуры, которые позволили бы измерять температуру в БАТ с достаточной точностью и быстродействием. Главное требование к таким датчикам, кроме стабильности эксплуатационных характеристик и малой тепловой инерционности термочувствительных элементов, – это отсутствие фактора самонагрева этих элементов.

За последние два-три десятилетия зарубежными и отечественными исследователями наработан уникальный диагностический и лечебный потенциал методов биомедицины, основанных на температурном мониторинге организма человека. Эти методы базируются на информативной и диагностической значимости картины температурного распределения в биологически активных точках на кожных и внутриполостных поверхностях организма. Они позволяют диагностировать и лечить путем корректирующего воздействия на БАТ лазерным излучением чрезвычайно широкий спектр патологий и заболеваний без побочных негативных последствий, характерных для медикаментозных методов [2].

Постановка проблемы в плане диагностики такова – какому заболеванию или состоянию организма и его иммунной системы соответствует то или иное распределение или динамика перераспределения температурного рельефа кожных и внутриполостных покровов в биологически активных точках (контуры изотерм, координаты температурных пиков и впадин)?

Это направление диагностической медицины своими корнями уходит в древний Китай, где сверходаренные температурной чувствительностью лекари ставили безошибочные диагнозы, используя веками наработанные методики. Современная биомедицина пытается реализовать эти методики, используя возможности современной электронной техники и информационных технологий. Особенно эффективна т.н. хронодиагностика, т.е. диагностика, основанная на температурных измерениях, проводимых синхронно с пульсовым и дыхательным ритмами [2].

Даже частичный перечень медицинских задач, которые предполагается решить средствами прецизионного термомониторинга, дает представление об их потенциальных масштабах и значимости для медицины массового обслуживания населения в ближайшей перспективе.

В ряду этих задач целесообразно, например, упомянуть следующие:

- быстрая оценка иммунитета у больших групп населения,
- быстрая оценка функционального состояния людей опасных профессий перед выполнением ими сложных работ (летчиков, подводников, саперов и др.),
- безрентгеновая оценка локализации различных патологий и опухолевых образований.

Уникальный диагностический и лечебный потенциал температурных методов может быть эффективно реализован и внедрен в широкое использование т о л ь к о при существовании и наличии высокоэффективных прецизионных средств температурного контроля – электронных термометров и терморегуляторов, способных работать в контуре управления автоматизированных медико-биологических комплексов.

Трудность здесь заключается в том, что в настоящее время не существует адекватно подходящих датчиков температуры, которые позволили бы измерять температуру в БАТ с достаточной точностью и быстродействием. Главное требование к таким датчикам, кроме стабильности эксплуатационных характеристик и малой тепловой инерционности термочувствительных элементов, - это отсутствие фактора самонагрева этих элементов.

В настоящее время разработана и серийно выпускается промышленностью обширная номенклатура изделий данного назначения, как специализированных, так и широкого профиля – контактные электронные термометры, бесконтактные – пирометры и тепловизоры.

Один из лучших по точности медицинский пирометр марки «Кельвин-М» позволяет измерять температуру в точках тела с погрешностью не менее 0,3К. Такого показателя явно недостаточно для правильного диагностирования, т.к. для этого требуется отслеживать перепады температур порядка сотых долей градуса [2].

Негативный фактор, препятствующий дальнейшему совершенствованию контактных электронных термометров в плане повышения их точностных возможностей, это – самонагрев термочувствительных элементов рабочим током. Многочисленные разработки последних лет были направлены на корректировку этого явления путем введения корректирующих обратных связей или априорно заданных расчетных корректировок, которые требуют усложнения схемотехнической реализации, а в итоге оказываются малоэффективными, повышая одни показатели и понижая другие. Кроме того, (это очень критично для биомедицинских измерений) нагретый рабочим током термосенсор при контакте с живыми тканями вызывает их ответную температурную реакцию, искажающую объективность показаний. То есть, непрерывный процесс модернизации традиционными методами и средствами достиг предела своих возможностей.

Техническое решение и его практическая реализация

В настоящее время разработана и серийно выпускается промышленностью обширная номенклатура изделий данного назначения, как специализированных, так и широкого профиля – контактные и бесконтактные термометры, пирометры, тепловизоры и терморегуляторы.

Внутри каждого вида эти изделия различаются между собою степенью оснащения сервисными функциями, например, отображением информации на экране, наличием памяти и ее объемом, сменностью разнорежимных насадок, компьютерным интерфейсом и т.п. В зависимости от этого различны их массогабаритные и стоимостные показатели. Все это конструктивное многообразие изделий объединено общими устоявшимися принципами схемотехнического построения, которые базируются на использовании традиционных видов первичных преобразователей температуры – термосенсоров (полупроводниковых и платиновых терморезисторов, термисторов, термопар, термодиодов и их линеек, и т.п.).

Негативный фактор, препятствующий дальнейшему совершенствованию электронных средств термоконтроля в плане повышения их точностных возможностей, это – самонагрев термосенсоров рабочим током. Многочисленные разработки последних лет были направлены на корректировку

этого явления путем введения корректирующих обратных связей или априорно заданных расчетных корректировок, которые требуют усложнения схемотехнической реализации, а в итоге оказываются малоэффективными, повышая одни показатели и понижая другие. Кроме того, (это очень критично для биомедицинских комплексов) нагретый рабочим током термосенсор при контакте с живыми тканями вызывает их ответную температурную реакцию, искажающую объективность показаний. То есть, непрерывный процесс модернизации традиционными методами и средствами достиг своего насыщения.

Новый подход к построению средств электронной термометрии, устраняющий негативный фактор самонагрева, основан на использовании метода короткоимпульсной локации термочувствительной полупроводниковой структуры с S-образной вольтамперной характеристикой переключательного типа [1]. К таким структурам относятся S-термодиоды и однопереходные транзисторы [3]. Так, например, у S-термодиодов, изготовленных по специальной технологии, температурная чувствительность имеет уникально высокие значения – порядка (50-350) мВ/град. С на различных участках температурного диапазона.

Стратегия создания этих средств базируется на научно-техническом решении, в котором использован в качестве сенсорной функции эффект управляемой прыжковой проводимости, инициируемой в полупроводниковой p-n структуре тепловым воздействием.

Сравнительный анализ температурной реакции первичного преобразователя (S-термосенсора) на тепловое воздействие измерительными токами двух видов (в виде одиночных, допустим прямоугольных, импульсов малой длительности, следующих с большой скважностью (предлагаемый вариант), и следующих непрерывно друг за другом пилообразных импульсов релаксационного генератора, т.е. вариант традиционного построения датчиков температуры) представим в виде соотношения температур перегрева, соответствующих двум рассматриваемым вариантам воздействия за время одного измерительного цикла.

В абсолютном выражении средняя тепловая мощность, выделяемая на S-термосенсоре при воздействии на него одиночным в измерительном цикле импульсом рабочего тока, принимает уникально малые значения – порядка 1мкВт. Это обеспечивает точное и быстрое, т.е. в тепловом отношении безынерционное, измерение абсолютных (в абсолютной шкале) значений температуры тела в БАТ, не вызывая при этом их ответной температурной реакции.

Работоспособность предложенных принципов построения ПСТК подтверждена созданием на их основе модельного ряда прецизионных терморегуляторов лабораторного исполнения для различной специфики применения. Терморегуляторы предназначены для быстрой и точной регистрации микроотклонений температуры от заданного уровня в произвольно удаленных точках контролируемого пространства контактным и бесконтактным способами и поддержания этого уровня [4].

Заключение

Благодаря указанным качествам, а также возможности сверхминиатюрного исполнения термочувствительного элемента, предлагаемый цифровой термометр не имеет аналогов и является на сегодня единственным средством, способным в пульсовом ритме контактно и бесконтактно измерять температуру в биологически активных точках тела с точностью, достаточной для эффективного диагностирования, и более того - экспресс-диагностирования в реальном времени. Исключительно эффективным может оказаться использование данного термометра на стадии раннего диагностирования злокачественных образований. Кроме того, они способны работать в контуре обратной связи управляемой лазерной гипертермии [5].

Внедрение ПСТК в биомедицинское приборостроение позволит полноценно реализовать на практике потенциал уникальных диагностических и лечебных возможностей методов хронобиологии, например, создать сеть высокоэффективных мобильных АМБК (по типу службы скорой помощи) для массовой экспресс-диагностики и терапии среди населения [6].

Литература

1. Кравченко А.М. Цифровой способ измерения температуры и устройство для его реализации. Патент РФ № 2344384, 20.01.2009г., Бюл. изобр. №2.

2. Комаров Ф.И., Загускин С.Л., Рапопорт С.И. Хронобиологическое направление в медицине: биоуправляемая хронофизиотерапия // Терапевтич. архив, N8. - 1994-С.3-6.

3. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Сов. Радио, 1990г.

4. Кравченко А.М. Устройство для двухпозиционного регулирования температуры. Патент РФ № 2328028, 27.06.08г., Бюл. изобр. №18.

5. Загускин С.Л. Хронобиологическое направление лазерной медицины. //Новые направления лазерной медицины. Междун. конф.М.,1996. - С.296-297.
6. Кравченко А.М., Анохин А.М. Автоматизированные медико-биологические комплексы температурной экспресс-диагностики // Медицинская техника. 2010. № 2. С. 21-27.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ ВРАЧА: МЕДИКОЦЕНТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Аракелова И.В.[*], Качалов Д.Л.[**], Соболева С.Ю.[*], Соболев А.В.[*]
[*]Волгоградский государственный медицинский университет,
Россия, г. Волгоград, пл. Павших борцов, д.1
[**]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
iv.arakelova@gmail.com, dim@comdcomp.ru, svetlaso@mail.ru, alsobol.67@mail.ru

Аннотация: Существующая в настоящий момент пациентоцентричная модель здравоохранения не в полной мере соответствует нуждам общества, так как исключает из фокуса внимания основного актора системы - врача, уровень квалификации и состояние здоровья которого оказывает существенное влияние на производительность труда и качество оказания медицинской помощи. В целом аспект, касающийся исследования человеческого капитала отдельных профессиональных групп, остается не достаточно изученным в науке. Человеческий капитал врача в параметрах «здоровье» и «образование» требует проведения исследования и оценки для объективизации ситуации, складывающейся в значимой социальной сфере. Авторы статьи предлагают оценить человеческий капитал врача с помощью интегрального индекса, учитывающего вклад групп показателей образования и здоровья.

Ключевые слова: человеческий капитал врачей, медикоцентричная модель здравоохранения, умная аналитика, эффективное управление, производительность труда, медицинские услуги, качество оказания медицинской помощи.

Введение

В эпоху доминирования информационных технологий, стремительного возрастания значения научных исследований, серьезных изменений в сфере демографии первостепенную роль в экономическом развитии общества начинает играть человеческий капитал, становящийся основным фактором производства. В экономической теории выделяют различные виды капитала – финансовый, природный, интеллектуальный и другие, однако человеческий капитал отличает особенность, характеризующая его способность влиять на формирование других видов капитала и трансформировать их, а также возрастать в геометрической прогрессии. Сущность данной категории заключается в совокупности интеллекта, здоровья, знаний, умений, производительного труда и качества жизни. Человеческому капиталу посвящены многочисленные научные исследования, однако его отраслевая специфика, в частности в сфере здравоохранения, до настоящего времени остается практически неизученной. Кроме того, исследования в области общественного здоровья в основном направлены на население, а фигура врача отходит на второй план, несмотря на субъектную роль актора, обеспечивающего качество оказания медицинской помощи. На наш взгляд, оценка состояния человеческого капитала врача может положительно сказаться на объективизации процессов оказания медицинской помощи и изменении парадигмы медицинской организации со смещением акцента с пациентоцентричной на медикоцентричную модель, наиболее соответствующую интересам всех заинтересованных групп.

1 Цель, задачи, гипотеза исследования

Целью представляемого в докладе исследования является формирование интегрального индекса человеческого капитала врача на основе групп показателей образования и здоровья.

Заявленная цель определяет следующие задачи:

- рассмотреть теоретические и методологические подходы, сложившиеся в мировой науке и практике в исследовании человеческого капитала;
- уточнить структуру понятия «человеческий капитал» применительно к социальной сфере (на примере медицины) как особого вида ресурса, влияющего на производительность труда;
- предложить методику оценки человеческого капитала врачей на основе интегрального индекса показателей здоровья и образования для выявления сильных сторон и уязвимостей системы, разработки индивидуальной стратегии развития, повышения мотивации, удовлетворенности,

роста производительности труда и эффективности функционирования медицинской организации.

Гипотеза проекта основана на том, что человеческий капитал врача имеет структуру, состоящую из двух основных компонентов – здоровья и образования, влияющих на производительность труда и определяющих качество медицинских услуг. Роль и степень воздействия каждого компонента на интегральный показатель индекса человеческого капитала врачей предстоит проанализировать в ходе дальнейших исследований, исходя из полученных данных. Кроме того, среди факторов здоровья мы рассматриваем психоэмоциональное состояние медицинского сотрудника и такое его выражение как эмоциональный интеллект. Предполагается, что человеческий капитал имеет неодинаковое значение у разных групп специалистов, отклоняясь от оптимального состояния. При этом возникает необходимость совершенствования управления распределением человеческого капитала врачей путем целенаправленного воздействия на факторы, формирующие эти диспропорции.

Исследования человеческого капитала лежат в междисциплинарной области знаний, затрагивающей как экономические, так и науки о человеке: медицину, образование, социологию, психологию. Человеческий капитал и факторы, влияющие на него, методики расчета рассматривались в работах Л.И. Абалкина [1], Г.С. Беккера [2], Л.И. Васильцовой [3], Т.А. Кирилловой[4], Л.К. Кузьмина[5] Р.М. Нуреева[6], Т. Шульца [7], A. Bartel [8], N.Beaulieu [8], C. Phibbs [8] , S. Ciaran [8], P. Stone [8]. Теория эмоционального интеллекта, связанного с личностным человеческим капиталом и определяющего способность человека распознавать и управлять своими эмоциями и эмоциями других людей для облегчения межличностных коммуникаций, в том числе в рабочем процессе, представлена в работах Р. Бар-Онома [9], Д. Гоулмана [10]. Исследования эмоционального интеллекта, а также методика его оценки представлена в работе [10] Д. Гоулмана. Несмотря на научно-практическую актуальность и значимость темы, работы, направленные на изучение интегрального вклада образования и здоровья в человеческий капитал, рассматриваемые в единстве, объектом отдельного исследования не выступали. Остаётся также недостаточно изученным вопрос, касающийся человеческого капитала отдельных профессиональных групп, например, врачей, и его влияние на эффективность функционирования отраслевых организаций.

2 Методика исследования

Предлагаемый авторами расчет интегрального индекса человеческого капитала врачей (I_z) основан на разработке количественных и качественных показателей по критериям «Образование» и «Здоровье». Сбор показателей происходит путем обработки результатов опроса врачей. В формуле (1) по критериям «Образование» и «Здоровье» можно произвести оценку показателей.

$$I_z = \max(I_m, I_e)$$

$$(1) \quad I_z = \max\left(\frac{\sum_{i=1}^{n_m} K_{mi}}{n_m}, \frac{\sum_{i=1}^{n_e} K_{ei}}{n_e}\right)$$

Где:

I_z– интегральный индекс человеческого капитала врача

$i -$ переменная суммы, $n_m -$ количество медицинских показателей

$n_e -$ количество образовательных показателей

$K_{mi} -$ оценка медицинского показателя по текущему критерию

$K_{ei} -$ оценка образовательного показателя по текущему критерию

$\frac{\sum_{i=1}^{n_e} K_{ei}}{n_e} -$ средняя оценка по критерию

Часто бывает недостаточно оценивать человеческий капитал врача по показателям на основе их равнозначности. В таком случае целесообразно ввести веса показателей. Таким образом, получим новую формулу (2):

$$I_z = \max(I_m, I_e)$$

$$(2) \quad I_z = \max\left(\frac{\sum_{i=1}^{n_m} K_{mi} p_{mi}}{n_m}, \frac{\sum_{i=1}^{n_e} K_{ei} p_{ei}}{n_e}\right)$$

Где:

I_z– интегральный индекс человеческого капитала врача

$i -$ переменная суммы, $n_m -$ количество медицинских показателей,

$n_e -$ количество образовательных показателей

$K_{mi} -$ оценка медицинского показателя по текущему критерию

$K_{ei} -$ оценка образовательного показателя по текущему критерию

$$p_{ji} - \text{ вес оценки показателя по текущему критерию}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{ji} p_{ji}}{n_j} - \text{средняя оценка по критерию}$$

Разрабатываемый программно-информационно-методологический комплекс сочетает в себе авторскую методологическую базу, информационную систему для удобного доступа к возможностям базы и программную инфраструктуру, разработанную на основе новейших методов анализа данных и прогнозирования.

Заключение

Исследование является вкладом в решение проблемы развития методики оценки человеческого капитала применительно к работникам конкретной сферы. Врач является внутренним клиентом медицинской организации, и уровень его человеческого капитала влияет на конечные результаты деятельности. На настоящий момент задача состоит в смещении акцентов с нужд пациентов на нужды врача как основного актора системы здравоохранения, состояние которого обеспечивает ее функционирование на высоком уровне. Разрабатываемый авторским коллективом программно-информационно-методологический комплекс позволит осуществлять мониторинг здоровья и образования врачей, повышать производительность за счёт интеллектуального подбора рекомендаций на основании базы данных, базы знаний и личностных показателей саморазвития, а также вырабатывать меры для снижения негативного тренда человеческого капитала врачей разных специальностей.

Литература

1. *Абалкин, Л.И.* Парадоксы измерения человеческого капитала [Текст]/Л.И. Абалкин// Вопросы экономики. – 2009 – №9 .- С.51-70.
2. *Беккер, Г.С.* Человеческое поведение: экономический подход. Режим доступа. URL: http://institutiones.com/download/books/1891-chelovecheskoe-povedenie-ekonomicheskij-podxod-bekker.html [дата обращения: 01.07.2019 г.]
3. *Васильцова, Л.И.* Прирост человеческого капитала в сфере здравоохранения. Режим доступа. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prirost-chelovecheskogo-kapitala-v-sfere-zdravoohraneniya [дата обращения: 27.05.2019 г.]
4. *Кириллова, Т.А.* Подходы к оценке инвестирования в человеческий капитал. Режим доступа: URL: http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/econ/2010/01/2010-01-01.pdf [дата обращения: 25.05.2019 г.].
5. *Кузьмина, Л.К.* Режим доступа. URL: http://fic.vscc.ac.ru/index.php?/forum/223-развитие-национальной-системы-здравоохранения-в-контексте-формирования-человеческого-капитала/ [дата обращения 01.06.2019г.]
6. *Нуреев, Р.М.* Человеческий капитал. Режим доступа.URL: https://www.hse.ru/data/357/727/1240/Нуреев-Человеческий%20капитал.pdf [дата обращения: 25.05.2019 г.]
7. *Schultz, T.* The economic value of education Режим доступа.URL: https://catalogue.nla.gov.au/Record/825774 [дата обращения: 02.06.2019 г.]
8. *A. Bartel, N.Beaulieu, C. Phibbs, S. Ciaran, P.* Stone Humain Capital and Productivity in a Team Environment:Evidence from the Healthcare Sector. Режим доступа.URL: https://ideas.repec.org/a/aea/aejapp/v6y2014i2p231-59.html [дата обращения: 02.06.2019 г.]
9. *Bar-On, P.* Emotional Quotient Inventory (EQ-i): A Measure Emotional Intelligence. Technical Manual/R. Bar-On.-Toront: Multi- Health Systems,2004-113p.
10. *Goleman, D.* Emotional intelligence /D.Goleman.- NewYork: Bantam Books,2005.- 238 p.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА РАЗВИТИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Герцик Ю.Г.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1
gerzik@bmstu.ru

Аннотация: В настоящее время все большее значение отводится развитию крупномасштабных систем здравоохранения, включающих такие интегрированные структуры, как альянсы, кластеры, участниками которых являются не только учреждения здравоохранения, но и предприятия, обеспечивающие их инновационной высокотехнологической продукцией. В этой связи в статье рассмотрены факторы, влияющие на устойчивость предприятий, в том числе, основные показатели, отражающие финансовые результаты.

Ключевые слова: учреждения здравоохранения, предприятия медицинской промышленности, финансово-экономическая устойчивость, контроллинг.

Развитие крупномасштабных систем здравоохранения невозможно без внедрения современных технических средств диагностики, терапии и медицинской реабилитации, создаваемых предприятиями медицинской промышленности (ПМП). При этом, к ПМП автор относит не только предприятия, миссией которых является разработка и производство медицинских изделий (МИ), но и подразделения предприятий другого профиля, производящие МИ [1].

Полагаем, что для обеспечения эффективного функционирования крупномасштабной системы, в том числе, в сфере здравоохранения, управление любым предприятием, входящим в систему, должно приводить к достижению определенного положительного финансового результата. При этом, учитываем, что предприятие в системе не существует изолированно, а находится в рыночной среде, которая может стать для него как источником прибыли, так и привести при неудовлетворительном менеджменте, к незапланированным расходам и, в дальнейшем, к банкротству.

Существует множество факторов, прямо или опосредованно влияющих на финансовое положение предприятия [2]. Производственные процессы на ПМП относим к инновационным и высокотехнологичным, которые характеризуются повышенными рисками разработки и эксплуатации продукции, необходимостью тесного взаимодействия с лечебно-профилактическим учреждениями (ЛПУ) системы здравоохранения [3,4], социально-экономической и технологической значимостью [5]. Подчеркнем, что эффективность производственного процесса и успешной реализации продукции во многом определяется финансовой устойчивостью предприятия. Одними из важнейших показателей финансовой устойчивости любой компании являются: эффективность распределения прибыли и капиталовложений внутри предприятия, планирование нормы прибыли, анализ возникающих во внешней среде возмущающих факторов.

Для ПМП наиболее существенными факторами финансово-экономической устойчивости являются: динамика изменения (совершенствования существующих медицинских технологий (МТ), возникновение новых, которые, в ряде случаев, могут сделать невостребованными ранее производимые высокотехнологичные МИ), конкуренция зарубежных и отечественных производителей, сравнительно небольшие объемы выпускаемой продукции и сложный технологический цикл ее разработки и производства. В связи с этим, актуальным является резервирование прибыли для развития новых технологий и возможностей диверсификации выпускаемой продукции с использованием имеющегося сложного многофункционального оборудования.

Одной их форм интеграции и взаимодействия ПМП с ЛПУ являются кластерные структуры [6,7]. Исходно это определение было предложено американским экономистом М. Портером, в дальнейшем оно нашло широкое применение в экономической практике. Обычно интегрированные структуры обуславливают синергетический эффект взаимодействия [8]. Экономический анализ, включающий финансовую составляющую, производственно-хозяйственной деятельности предприятия/интегрированной структуры в крупномасштабной системе, во-первых, служит исходным моментом выявления и мобилизации резервов интеграции, повышения эффективности синергии производства и оказания услуг, во-вторых, являясь функцией управления, становится действенным орудием совершенствования хозяйственного механизма.

В практике, для оценки деятельности любого предприятия и сопоставления результатов с данными за любой другой период с целью определения динамики показателей, рентабельности

предприятия, ликвидности активов, сравнения со средними значениями по области хозяйственной деятельности (для определения конкурентоспособности и т.д.) используется финансово-экономический анализ, основанный на применении общепринятых норм и методов по выявлению и учету финансовых ресурсов предприятия. Под экономическим анализом в работе полагаем сочетание стратегических и тактических механизмов организационной деятельности, позволяющих осуществлять контроль над финансовыми ресурсами предприятия, управлять денежными потоками и находить оптимальные финансовые решения с учетом воздействующих внутренних и внешних факторов. При этом, принимаем, что основным показателем эффективности применения экономического анализа, входящего составной частью в финансово-экономический анализ, на конкретном предприятии будет уменьшение соотношения затрат с прибылью этого предприятия. Для ПМП этот показатель должен соотноситься с аналогичным показателем ЛПУ, где нашли применение в клинической практике МИ, производимые данным ПМП [1].

Полная характеристика объектов менеджмента ПМП, обоснованная оценка технологичности процессов производства и эксплуатации МИ, достоверные показатели функционирования отдельных элементов социальных систем, уровень организационно-экономической устойчивости (ОЭУ) ПМП и ЛПУ [8] позволяют принимать правильные и объективные управленческие решения с учетом проведенного системой контроллинга [9] оперативного, качественного и комплексного анализа показателей функционирования ПМП в составе интегрированной структуры. Экономический анализ позволяет выявить резервы повышения эффективности менеджмента [10] ПМП, его отдельных подразделений и результативность взаимосвязей с ЛПУ. Он является непременным условием общего анализа и, в то же время, служит важным инструментом хозяйственного механизма для достижения максимально возможных результатов при наименьших затратах.

Основными, общими для любого типа предприятий, задачами экономического анализа являются:

- объективная оценка результатов производственно-хозяйственной деятельности предприятия и его подразделений, функционирующих в условиях рыночных отношений;
- оценка степени использования производственных ресурсов, состояния техники, технологии, организации менеджмента производства, труда и социальных вопросов с точки зрения их влияния на общую эффективность и качество работы предприятия;
- выявление закономерностей и тенденций развития производства, возможностей совершенствования системы управления и установление эффективности принимаемых решений;
- выявление причин и факторов, влияющих на конечные показатели деятельности предприятия по месту, времени и направлению их воздействия;
- прогнозирование ожидаемых результатов деятельности, подготовка материалов для принятия управленческих воздействий;
- разработка мероприятий по улучшению использования ресурсов, распространению передового опыта, ликвидации негативных явлений и причин неудовлетворительных результатов работы, контроль над выполнением плана намеченных мероприятий.

Решение этих задач в интегрированных структурах крупномасштабных систем здравоохранения будет способствовать повышению финансово-экономической устойчивости всех участников. При этом, будет достигнута цель повышения финансово-экономической устойчивости крупномасштабной системы в целом, с учетом многопрофильности ее функций и взаимодействия с различными отраслями хозяйственной деятельности предприятий и учреждений здравоохранения. Понимая под финансово-экономической устойчивостью любой системы ее способность сохранять при воздействующих негативных факторах не только стабильность финансовых и экономических ресурсов, но и возможность их положительной динамики [2], можно утверждать, что финансово-экономическая устойчивость ПМП в крупномасштабной системе будет способствовать более интенсивному развитию таких систем с учетом синергетического эффекта взаимодействия их участников [1].

В качестве иллюстративного примера используем анализ основных положений [5], обуславливающих не только целесообразность, но и необходимость развития производства высокотехнологичных медицинских изделий, увеличения доли экспорта и приоритетность отечественных производителей. Как указывалось, реализация такого крупномасштабного проекта требует значительного увеличения производства качественных и доступных для клиник МИ. Вместе с тем, существенными факторами эффективности такого проекта являются достигнутые ПМП показатели ОЭУ [1,8] и конкурентоспособности [3,4], характеризующие способность предприятия сохранять устойчивое положение на рынке при динамично меняющихся условиях функционирования рынка в ответ на внутри- и внешнеэкономические и политические факторы

воздействия на рыночные взаимоотношения. Анализ работ [2,10] показывает, что конкурентоспособность предприятий и производимой ими продукции во многом обуславливается финансовым состоянием и адаптивным менеджментом этого состояния. Причем, важно не только сохранить имеющийся финансовый резерв, но и эффективно распорядится его использованием и увеличением, чтобы не допускать как образования и увеличения задолженностей, так и возникновения новых.

В случае отсутствия роста производства и продаж, необходимо гармонизировать расходы предприятия с учетом проблем и возможностей сотрудничающих с ним ЛПУ [3]. Финансовое состояние предприятия определяется многими экономическими факторами [2] и зависит, в том числе, от превентивных мер, определяемых технологиями контроллинга [9], формами взаимодействия ПМП и ЛПУ в интегрированных структурах, в том числе, в сфере обеспечения финансово-экономической устойчивости [3,4]. Как показывает анализ основных положений [5] о необходимости развития производства высотехнологичных МИ, отнесении этого производства к инновационному, имеющему не только экономическую, но и технологическую и национальную значимость, локализации производства МИ на территории РФ, важным является стабилизация и повышение уровня финансово-экономической устойчивости предприятий, позволяющая уменьшить или устранить риски санкционных вмешательств, расширить возможности импортозамещения высокотехнологичных МИ в России [1-3].

Таким образом, изложенное позволяет сделать вывод о существенном влиянии финансово-экономических показателей ПМП на развитие крупномасштабных систем путем интеграции при кризисных ситуациях, в том числе, в сфере здравоохранения.

Литература

1. *Герцик Ю.Г., Омельченко И.Н*. Организационно-экономическая устойчивость и конкурентоспособность предприятий медицинской промышленности. Концепция и методология формирования. Монография. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. - 323с.
2. *Грязнова А.Г., Карамова О.В., Думная Н.Н. и др.* Микроэкономика. Практический подход / Под ред. Грязновой А.Г., Юданова А.Ю. – М.: Изд-во «Кнорус», 2018. - 682с.
3. *Герцик Ю.Г.* «Био-Медико-Технический Кластер» как основа формирования организационно-экономической устойчивости и конкурентоспособности предприятий медицинской промышленности // Вестник института экономики РАН. 2016. № 3. - С. 80-91.
4. *Gertsik Yu. G.* Prospects of cluster initiatives in Russia and the worldwide // Health and Social Care Journal. 2016. № 2 (3). - P. 9-23
5. Постановление Правительства РФ № 305 от 15.04.2014 г. «Государственная программа Российской Федерации «Развитие медицинской и фармацевтической промышленности» на 2013-2020 годы» // Официальный сайт Министерства промышленности и торговли РФ. 2014. URL. http://minpromtorg.gov.ru/activities/state_programs/list/ (дата обращения: 21.12.2018)
6. *Осипов В.С.* Кластеры как инструмент экономической политики государства // Вестник института экономики РАН. 2012. №6. - С. 92-97.
7. *Балашов А.И.* Формирование инновационных фармацевтических кластеров // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. №13 (106). – С.29-35
8. *Миротин Л.Б., Омельченко, И.Н*. Инженерная логистика: логистически-ориентированное управление жизненным циклом продукции. Учебник для ВУЗов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2011. - 644 с.
9. *Герцик Ю.Г.* Модель менеджмента организационно-экономической устойчивости предприятий медицинской промышленности в кластерной структуре с применением технологий контроллинга // Контроллинг. 2017. №3. - С. 8-17.
10. *Мескон М.Х.* Основы менеджмента // Пер. с англ. и ред. О. И. Медведь. - М.: Вильямс, 2017. - 672 с.

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РАМКАХ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Герцик Ю.Г.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1
gerzik@bmstu.ru

Аннотация: В настоящее время все большее значение отводится развитию крупномасштабных систем здравоохранения, включающих такие интегрированные структуры, как альянсы, кластеры, участниками которых являются не только учреждения здравоохранения, но и предприятия, обеспечивающие их инновационной высокотехнологической продукцией. В этой связи в статье рассмотрены факторы, влияющие на устойчивость предприятий, в том числе, основные показатели, отражающие финансовые результаты.

Ключевые слова: учреждения здравоохранения, предприятия медицинской промышленности, финансово-экономическая устойчивость, контроллинг.

Развитие крупномасштабных систем здравоохранения невозможно без внедрения современных технических средств диагностики, терапии и медицинской реабилитации, создаваемых предприятиями медицинской промышленности (ПМП). При этом, к ПМП автор относит не только предприятия, миссией которых является разработка и производство медицинских изделий (МИ), но и подразделения предприятий другого профиля, производящие МИ [1].

Полагаем, что для обеспечения эффективного функционирования крупномасштабной системы, в том числе, в сфере здравоохранения, управление любым предприятием, входящим в систему, должно приводить к достижению определенного положительного финансового результата. При этом, учитываем, что предприятие в системе не существует изолированно, а находится в рыночной среде, которая может стать для него как источником прибыли, так и привести при неудовлетворительном менеджменте, к незапланированным расходам и, в дальнейшем, к банкротству.

Существует множество факторов, прямо или опосредованно влияющих на финансовое положение предприятия [2]. Производственные процессы на ПМП относим к инновационным и высокотехнологичным, которые характеризуются повышенными рисками разработки и эксплуатации продукции, необходимостью тесного взаимодействия с лечебно-профилактическим учреждениями (ЛПУ) системы здравоохранения [3,4], социально-экономической и технологической значимостью [5]. Подчеркнем, что эффективность производственного процесса и успешной реализации продукции во многом определяется финансовой устойчивостью предприятия. Одними из важнейших показателей финансовой устойчивости любой компании являются: эффективность распределения прибыли и капиталовложений внутри предприятия, планирование нормы прибыли, анализ возникающих во внешней среде возмущающих факторов.

Для ПМП наиболее существенными факторами финансово-экономической устойчивости являются: динамика изменения (совершенствования существующих медицинских технологий (МТ), возникновение новых, которые, в ряде случаев, могут сделать невостребованными ранее производимые высокотехнологичные МИ), конкуренция зарубежных и отечественных производителей, сравнительно небольшие объемы выпускаемой продукции и сложный технологический цикл ее разработки и производства. В связи с этим, актуальным является резервирование прибыли для развития новых технологий и возможностей диверсификации выпускаемой продукции с использованием имеющегося сложного многофункционального оборудования.

Одной их форм интеграции и взаимодействия ПМП с ЛПУ являются кластерные структуры [6,7]. Исходно это определение было предложено американским экономистом М. Портером, в дальнейшем оно нашло широкое применение в экономической практике. Обычно интегрированные структуры обуславливают синергетический эффект взаимодействия [8]. Экономический анализ, включающий финансовую составляющую, производственно - хозяйственной деятельности предприятия/интегрированной структуры в крупномасштабной системе, во-первых, служит исходным моментом выявления и мобилизации резервов интеграции, повышения эффективности синергии производства и оказания услуг, во-вторых, являясь функцией управления, становится действенным орудием совершенствования хозяйственного механизма.

В практике, для оценки деятельности любого предприятия и сопоставления результатов с данными за любой другой период с целью определения динамики показателей, рентабельности предприятия, ликвидности активов, сравнения со средними значениями по области хозяйственной

деятельности (для определения конкурентоспособности и т.д.) используется финансово-экономический анализ, основанный на применении общепринятых норм и методов по выявлению и учету финансовых ресурсов предприятия. Под экономическим анализом в работе полагаем сочетание стратегических и тактических механизмов организационной деятельности, позволяющих осуществлять контроль над финансовыми ресурсами предприятия, управлять денежными потоками и находить оптимальные финансовые решения с учетом воздействующих внутренних и внешних факторов. При этом, принимаем, что основным показателем эффективности применения экономического анализа, входящего составной частью в финансово-экономический анализ, на конкретном предприятии будет уменьшение соотношения затрат с прибылью этого предприятия. Для ПМП этот показатель должен соотноситься с аналогичным показателем ЛПУ, где нашли применение в клинической практике МИ, производимые данным ПМП [1].

Полная характеристика объектов менеджмента ПМП, обоснованная оценка технологичности процессов производства и эксплуатации МИ, достоверные показатели функционирования отдельных элементов социальных систем, уровень организационно-экономической устойчивости (ОЭУ) ПМП и ЛПУ [8] позволяют принимать правильные и объективные управленческие решения с учетом проведенного системой контроллинга [9] оперативного, качественного и комплексного анализа показателей функционирования ПМП в составе интегрированной структуры. Экономический анализ позволяет выявить резервы повышения эффективности менеджмента [10] ПМП, его отдельных подразделений и результативность взаимосвязей с ЛПУ. Он является непременным условием общего анализа и, в то же время, служит важным инструментом хозяйственного механизма для достижения максимально возможных результатов при наименьших затратах.

Основными, общими для любого типа предприятий, задачами экономического анализа являются:

- объективная оценка результатов производственно-хозяйственной деятельности предприятия и его подразделений, функционирующих в условиях рыночных отношений;
- оценка степени использования производственных ресурсов, состояния техники, технологии, организации менеджмента производства, труда и социальных вопросов с точки зрения их влияния на общую эффективность и качество работы предприятия;
- выявление закономерностей и тенденций развития производства, возможностей совершенствования системы управления и установление эффективности принимаемых решений;
- выявление причин и факторов, влияющих на конечные показатели деятельности предприятия по месту, времени и направлению их воздействия;
- прогнозирование ожидаемых результатов деятельности, подготовка материалов для принятия управленческих воздействий;
- разработка мероприятий по улучшению использования ресурсов, распространению передового опыта, ликвидации негативных явлений и причин неудовлетворительных результатов работы, контроль над выполнением плана намеченных мероприятий.

Решение этих задач в интегрированных структурах крупномасштабных систем здравоохранения будет способствовать повышению финансово-экономической устойчивости всех участников. При этом будет достигнута цель повышения финансово-экономической устойчивости крупномасштабной системы в целом, с учетом многопрофильности ее функций и взаимодействия с различными отраслями хозяйственной деятельности предприятий и учреждений здравоохранения. Понимая под финансово-экономической устойчивостью любой системы ее способность сохранять при воздействующих негативных факторах не только стабильность финансовых и экономических ресурсов, но и возможность их положительной динамики [2], можно утверждать, что финансово-экономическая устойчивость ПМП в крупномасштабной системе будет способствовать более интенсивному развитию таких систем с учетом синергетического эффекта взаимодействия их участников [1].

В качестве иллюстративного примера используем анализ основных положений [5], обуславливающих не только целесообразность, но и необходимость развития производства высокотехнологичных медицинских изделий, увеличения доли экспорта и приоритетность отечественных производителей. Как указывалось, реализация такого крупномасштабного проекта требует значительного увеличения производства качественных и доступных для клиник МИ. Вместе с тем, существенными факторами эффективности такого проекта являются достигнутые ПМП показатели ОЭУ [1,8] и конкурентоспособности [3,4], характеризующие способность предприятия сохранять устойчивое положение на рынке при динамично меняющихся условиях функционирования рынка в ответ на внутри- и внешнеэкономические и политические факторы воздействия на рыночные взаимоотношения. Анализ работ [2,10] показывает, что

конкурентоспособность предприятий и производимой ими продукции во многом обуславливается финансовым состоянием и адаптивным менеджментом этого состояния. Причем, важно не только сохранить имеющийся финансовый резерв, но и эффективно распорядится его использованием и увеличением, чтобы не допускать как образования и увеличения задолженностей, так и возникновения новых.

В случае отсутствия роста производства и продаж, необходимо гармонизировать расходы предприятия с учетом проблем и возможностей сотрудничающих с ним ЛПУ [3]. Финансовое состояние предприятия определяется многими экономическими факторами [2] и зависит, в том числе, от превентивных мер, определяемых технологиями контроллинга [9], формами взаимодействия ПМП и ЛПУ в интегрированных структурах, в том числе, в сфере обеспечения финансово-экономической устойчивости [3,4]. Как показывает анализ основных положений [5] о необходимости развития производства высотехнологичных МИ, отнесении этого производства к инновационному, имеющему не только экономическую, но и технологическую и национальную значимость, локализации производства МИ на территории РФ, важным является стабилизация и повышение уровня финансово-экономической устойчивости предприятий, позволяющая уменьшить или устранить риски санкционных вмешательств, расширить возможности импортозамещения высокотехнологичных МИ в России [1-3].

Таким образом, изложенное позволяет сделать вывод о существенном влиянии финансово-экономических показателей ПМП на развитие крупномасштабных систем путем интеграции при кризисных ситуациях, в том числе, в сфере здравоохранения.

Литература

1. *Герцик Ю.Г., Омельченко И.Н.* Организационно-экономическая устойчивость и конкурентоспособность предприятий медицинской промышленности. Концепция и методология формирования. Монография. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. - 323с.
2. *Грязнова А.Г., Карамова О.В., Думная Н.Н. и др.* Микроэкономика. Практический подход / Под ред. Грязновой А.Г., Юданова А.Ю. – М.: Изд-во «Кнорус», 2018. - 682с.
3. *Герцик Ю.Г.* «Био-Медико-Технический Кластер» как основа формирования организационно-экономической устойчивости и конкурентоспособности предприятий медицинской промышленности // Вестник института экономики РАН. 2016. № 3. - С. 80-91.
4. *Gertsik Yu. G.* Prospects of cluster initiatives in Russia and the worldwide // Health and Social Care Journal. 2016. № 2 (3). - P. 9-23
5. Постановление Правительства РФ № 305 от 15.04.2014 г. «Государственная программа Российской Федерации «Развитие медицинской и фармацевтической промышленности» на 2013-2020 годы» // Официальный сайт Министерства промышленности и торговли РФ. 2014. URL. http://minpromtorg.gov.ru/activities/state_programs/list/ (дата обращения: 21.12.2018)
6. *Осипов В.С.* Кластеры как инструмент экономической политики государства // Вестник института экономики РАН. 2012. №6. - С. 92-97.
7. *Балашов А.И.* Формирование инновационных фармацевтических кластеров // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. №13 (106). – С.29-35
8. *Миротин Л.Б., Омельченко, И.Н.* Инженерная логистика: логистически-ориентированное управление жизненным циклом продукции. Учебник для ВУЗов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2011. - 644 с.
9. *Герцик Ю.Г.* Модель менеджмента организационно-экономической устойчивости предприятий медицинской промышленности в кластерной структуре с применением технологий контроллинга // Контроллинг. 2017. №3. - С. 8-17.
10. *Мескон М.Х.* Основы менеджмента // Пер. с англ. и ред. О. И. Медведь. - М.: Вильямс, 2017. - 672 с.

ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛА ЛУЧЕВОЙ АРТЕРИИ ДЛЯ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Гучук В.В

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
polma@bk.ru

Аннотация: Описываются характеристики пульсового сигнала лучевой артерии, позволяющие осуществлять эффективную медицинскую диагностику. Выделяются физиологические показатели, наиболее пригодные для осуществления диагностики. Приводится пример оригинального подхода к использованию пульсового сигнала, основанного на синхронном анализе колебательных компонент, присущих различным функционально-значимым элементам единичных колебаний. Показано, что информативность пульсовых сигналов лучевой артерии позволяет широко использовать их для медицинской диагностики.

Ключевые слова: пульсовой сигнал, лучевая артерия, диагностика, ритмическая структура, форма пульсовой волны, биоритмы.

Возможности пульсовой диагностики обусловлены тем, что сигнал периферического пульса, в частности лучевой артерии, содержит в себе информацию о многих физиологических процессах, протекающих в организме, и, в первую очередь, в сердечно-сосудистой системе [1]. Известно также, что в пульсовом сигнале лучевой артерии находят свое отражение, как процессы высших уровней регуляции, так и многие гемодинамические показатели сердечно-сосудистой системы, в том числе: внутрисосудистое давление, напряжение артериальной стенки, волновые процессы в артериальной системе и ряд других процессов [2]. Нетривиальность анализа пульсовых сигналов лучевой артерии определяется в значительной мере их существенными специфическими особенностями, в частности, большим индивидуальным разнообразием форм сигнала, определяемых количеством и степенью выраженности локальных элементов в пределах единичного колебания, существенной и различной степенью вариабельности амплитудных и временных элементов квазипериодов, возможной нестабильностью в процессе записи, наличием артефактов. Кроме того следует иметь в виду, что характеристики пульсового сигнала зависят от большого числа внешних факторов, таких, как место съема сигнала, тип технического устройства (датчика), время измерения, воздействие окружающей обстановки. При оценке пульсовой кривой обращают внимание на ее форму, амплитуду, крутизну нарастания и спада, ритмичность. Пульсовой сигнал позволяет получить важную информацию, как о работе сердца, так и о состоянии сосудов. Нарушение ритмичности и частоты пульсовых волн свидетельствуют о нарушениях сердечного ритма, тахикардии или брадикардии. Наполнение и напряжение пульса отражает систолическое артериальное давление, величину ударного объема и достаточность кровенаполнения артерий. Форма пульсовой волны отражает скорость изменения давления в артериальной системе в течение систолы и диастолы, состояние стенки сосуда и работу клапанов сердца. Для количественного описания формы сигнала используется последовательность характерных точек: точки перегиба, экстремумы. Для идентификации характерных (базовых) точек часто применяется первая и вторая производные исходного сигнала. Основная проблема – идентификация базовых точек. В качестве базовых показателей сигнала используют временные и амплитудные значения локальных волн в пределах единичного колебания. Проведенные исследования [3] свидетельствуют о связи параметров формы пульсового сигнала с различными функциональными состояниями организма. Форма пульсовой кривой определяется мощностью сердечного выброса, величиной артериального давления, периферическим сопротивлением артериальной системы, упругостью стенок сосудов и зависит от физиологического состояния организма человека. Результаты большого числа исследований, свидетельствующих о диагностической значимости параметров пульсового сигнала, подчёркивают важность разработки методов их автоматического анализа [4]. При исследованиях ритмической структуры пульсовых сигналов большое внимание уделяется изучению так называемых «медленных» колебательных процессов, которые характерны для многих функциональных систем организма человека. При этом наибольшее число исследований касается изучению вариабельности сердечного ритма (ВСР). При изучении «медленных» волн выделяют выраженные компоненты кривой спектральной плотности динамических рядов, сформированных из отдельных элементов сигнала [5]. Это дыхательные волны HF (0,15-0,45 Гц), определяемые дыхательным центром; медленные волны 1-го порядка LF (0,05-0,15 Гц), определяемые вазомоторной активностью, сосудодвигательным центром, барорефлекторной регуляцией; медленные волны 2-го порядка VLF (менее 0,05 Гц), происхождение которых пока четко не определено. Высокочастотные (дыхательные волны HF) отражают влияние парасимпатического

отдела вегетативной нервной системы, связаны с вагусной активностью. В норме мощность этой компоненты составляет 15-25% от суммарной мощности спектра. Снижение до 8-10% указывает на смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела. Если величина падает ниже 2-3% ,то имеет место резкое преобладание симпатической активности. Волны 1-го порядка (LF) отражают преимущественно влияние симпатико-адреналовой системы. Мощность этой составляющей спектра определяет активность вазомоторного центра и характеризует состояние системы регуляции сосудистого тонуса. Доминирующая частота вазомоторных волн лежит в пределах 10-12 сек. Увеличение до 13-14 сек. указывает на снижение активности вазомоторного центра или на замедление процессов барорефлекторной регуляции. Медленные колебания отражают преимущественно влияние симпатико-адреналовой системы. Изменения LF и HF связаны с изменениями сегментарных мозговых структур. Волны 2-го порядка (VLF) в большой степени связаны с надсегментарными мозговыми структурами. Значение этой составляющей отражает церебральные эрготропные влияния на нижележащие уровни и позволяет судить о функциональном состоянии мозга при психогенной и органической патологии мозга. Есть данные, что VLF является чувствительным индикатором управления метаболическими процессами и хорошо отражает энергодефицитные состояния. Таким образом, параметры VLF характеризуют влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и могут использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнем. В норме в условиях покоя мощность VLF составляет 15-35% суммарной мощности спектра.

В работе [6] рассматривается оригинальный подход, основанный на синхронном анализе колебательных компонент, присущих различным функционально-значимым элементам единичных колебаний. Осуществляется комплексный анализ как колебательных компонент пульсограмм (и основного периода, и внутрипериодовых составляющих), так и колебательных компонент динамических рядов (и временных, и амплитудных). Представляется, что синхронное изучение ритмики отдельных элементов биосигнала и оценка их взаимосвязей позволит существенно увеличить объем диагностической информации о состоянии функциональных систем человека. Исследования ритмической структуры биосигналов обеспечивают возможность донозологической диагностики заболеваний на уровне информационных нарушений. Результаты исследований [7], посвященных изучению закономерностей и диагностической значимости биологических ритмов, свидетельствуют о том, что степень выраженности различных колебаний, их амплитудно-фазовые соотношения и степень синхронизации несут существенную информацию о состоянии организма и являются ранними признаками его неблагополучия. Появлению патологических отклонений в организме предшествуют скрытые изменения, находящиеся в пределах ритмических колебаний биосигналов. Поэтому исследование их периодичности и синхронизации является важным инструментом выявления ранних и скрытых нарушений и заболеваний. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что параметры «медленных» биологических ритмов имеют существенную диагностическую значимость. Имеется много примеров успешного применения анализа ВСР в практике прикладной физиологии и клинической медицины.

При использовании спектрального анализа необходимо учитывать частотные свойства пульсового сигнала. В частности, для выделения частот волн 2-го порядка (VLF) необходимо использовать не саму пульсовую волну, а динамические ряды значений максимума систолической волны, максимума дикротической волны, длительности основного периода пульсовой волны и т.д. При этом необходимо учитывать то, что, например, полученные значения величин основного периода представляют собой номерной ряд временных интервалов между соседними периодами. Другими словами, мы имеем дело с дискретными значениями, неравномерно распределенными на временной оси. Принципиально преобразование Фурье не может быть осуществлено непосредственно над этим рядом из-за неравномерности его временной шкалы. Необходимо либо преобразовать ряд интервалов во временной ряд, либо адаптировать преобразование для неравномерного ряда. С этой целью можно воспользоваться методом Ломба-Скаргла [8], который позволяет осуществить спектральный анализ непосредственно над неравномерно распределенным дискретным сигналом. Целесообразным для использования пульсовых сигналов лучевой артерии в задачах медицинской диагностики может явиться их формализация, в том числе, путем создания моделей пульсового сигнала. Для практической реализации имитационного моделирования сигналов в [9] выделено два архетипа пульсовых сигналов, в смысле исходных базовых образцов, отличия от которых в конкретных пульсовых сигналах вызываются физиологическими особенностями организма. При этом проявляется свойство полиаттракции - одна часть сигналов лучше коррелирует с первым архетипом,

а другая часть, соответственно со вторым. В указанной работе описывается возможный путь имитационного моделирования фрагментов пульсового сигнала лучевой артерии. Предложенное разделение на два архетипа позволяет более избирательно подходить к структуре имитационной модели, а разработанная универсальная моделирующая функция позволяет создать единообразие в синтезе моделей пульсовых сигналов.

Важнейшим аспектом диагностического использования информации о пульсовом сигнале является превалирование оценок врачей над алгоритмическими вердиктами, особенно в сложных случаях. В этом контексте, для исключения врачебных ошибок можно предложить технологию объективизации экспертных оценок, например, разработанную в [10]. Объективизация экспертных оценок – важная процедура для успешного применения оценок на практике. Этой цели служат стандартные для экспертного оценивания процедуры обработки, например, формирование из оценок отдельных экспертов сбалансированных оценок. Проводимые ранее работы по объективизации экспертных оценок использовались для уточнения выставленных в ранговых шкалах экспертных оценок качества одной группы объектов. Цитируемая работа посвящена обустройству объективизации кластеризации многопараметрических объектов по экспертным оценкам с использованием измеряемых параметров. В ней описываются особенности алгоритмической реализации интерактивной процедуры, позволяющей на основе анализа измеряемых параметров улучшать качество кластеризации многопараметрических объектов по экспертным оценкам. Эта процедура имеет важнейшее значение при создании технологии работы со сложными объектами, которые плохо поддаются полной формализации, и к которым несомненно относится человеческий организм. Разработанная процедура объективизации была использована при создании алгоритмов медицинской диагностики по пульсовым сигналам лучевой артерии на основе субъективной кластеризации формы пульсовых сигналов [11].

В заключение следует сказать, что информативность пульсовых сигналов лучевой артерии позволяет широко использовать их для медицинской диагностики, в том числе на ранних стадиях заболевания.

Литература

1. Гучук В.В., Покровская И.В., Дорофеюк А.А., Десова А.А. Интеллектуальный анализ квазипериодических биосигналов в задачах медицинской диагностики (на примере пульсового сигнала) // Автоматика и телемеханика. 2018. № 11. – С. 3-15.

2. Нестеров В.П., Бурдыгин А.И., Нестеров С.В. Пульсометрический анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы у человека // Физиология человека. Т. 43, 2017, № 6. – С. 54-62.

3. Michael F., Rourke O. and David E. Gallagher. Pulse wave analysis // Journal of Hypertension. Vol. 14. 1996. – P. 67-72.

4. *Azargaev L.N., Boronoev V.V.* The Use of the Differential Sphygmogram of the Radial Artery for Estimating the Pumping Function of the Heart // Human physiology. Vol. 33. 2007, № 5. – P. 567-576.

5. Снежицкий В.А. Методологические аспекты анализа вариабельности сердечного ритма в клинической практике // Медицинские новости. 2004. № 9. – С. 37-43.

6. Desova A.A., Guchuk V.V., Dorofeyuk A.A. A new approach to pulse signal rhythmic structure analysis // Int. J. Biomedical Engineering and Technology. Vol. 14. 2014, № 2. – P.148-158.

7. Миронова Т.Ф., Миронов В.А. Клинический анализ волновой структуры синусового ритма сердца. – Челябинск.: ЧДП, 1998. – 162с.

8. Scargle J. D. Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data // Astrophysical Journal. Vol. 263. 1982, Part 1. – P. 835-853.

9. Гучук В.В. Фрагментарное имитационное моделирование пульсового сигнала лучевой артерии // European science. 2016, № 12. – С. 85-88.

10. Guchuk V.V. Application of algorithms of objectifying expert clustering of Multiparameter objects in the analysis of big arrays of information // Advances in Systems Science and Applications. Vol 18. 2018, № 1. – P. 102-109.

11. Гучук В. В., Десова А. А., Дорофеюк А. А. Процедура объективизации экспертной классификации характеристик биосигналов для медико-диагностических комплексов // Датчики и системы. 2014. № 2. – С. 2–7.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Иванова Г.Е.[1,2], Герцик Ю.Г[3], Омельченко И.Н.[3]

[1] Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова,

[2] Общероссийская общественная организация содействия развитию медицинской реабилитологии «Союз реабилитологов России»,

[3] Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1

gerzik@bmstu.ru

Аннотация: Актуальность развитие технико-экономических проектов разработки новых технологий в области медицинской реабилитации обусловлена, в первую очередь, возрастанием числа людей, страдающих от нарушений двигательной активности, обусловленных увеличением числа неинфекционных заболеваний (онкологические, неврологические, сердечно-сосудистые и др.). По данным ООН основными причинами смертности в настоящее время являются следствия этих заболеваний. В работе рассмотрены вопросы медицинской реабилитации больных, ее технического, метрологического и экономического обоснования и обеспечения.

Ключевые слова: медицинская реабилитация, крупномасштабные системы здравоохранения, конкурентоспособность, метрологическое обеспечение.

Распространенность неинфекционных заболеваний быстро увеличивается, принося мировой экономике едва ли не триллионные потери [1-3]. Важное место в борьбе с неинфекционными болезнями и их последствиями занимает медицинская реабилитация. Европейской академией реабилитационной медицины (EARM), Секции физической и реабилитационной медицины Европейского союза медицинских специалистов (UEMS) реабилитация определяется как одно из важнейших вмешательств, «позволяющих людям с ограниченными возможностями достигать и поддерживать максимальную независимость, полную физическую, умственную, социальную и профессиональную способность и полное включение, и участие во всех аспектах жизни». Следовательно, изложенная концепция призывает суверенные государства «организовывать, укреплять и расширять услуги в области всестороннего развития способностей и реабилитации, особенно в сфере здравоохранения, занятости, образования и социального обслуживания». Одними из последствий неинфекционных заболеваний являются нарушения двигательной активности. В клинической практике для реабилитации больных с нарушениями двигательной активности в ряде случаев медицинским персоналом используются технологии имитации движения без применения технических средств.

Однако имеются негативные аспекты проведение таких процедур непосредственно медицинским работником: 1- требуются значительные затраты времени и физических усилий как медицинского персонала, так и больного, 2- процедура сложна для воспроизведения «геометрии» движений, оценка и воспроизводимость их достаточно субъективны. Указанные причины обуславливают необходимость применения при проведении таких процедур технических решений. В этом случае принято говорить о механотерапии. Современные аппараты для механотерапии должны предусматривать не только возможность введения исходных параметров, регламентирующих нагрузку, но и возможность текущего наблюдения за уровнем воздействия и основными физиологическими параметрами, характеризующими допустимость для занимающегося продолжения выполнения упражнений. В частности, должны учитываться показатели ЧСС, сатурация кислорода, АД, наличие изменений ЭКГ, которые являются универсальными критериями безопасности и эффективности выполнения любого вида работы на тренажере. Кроме этого, увеличение эффективности и целевого использования аппарата для механотерапии возможно только при использование специфических критериев, характеризующих собственно движение: объем, степень прилагаемого пациентом усилия, степень облегчения движения, характер мышечной работы (изотонический, изометрический, изокинетический, эксцентрический), скорость, точность воспроизведения задания, обозначаемого при помощи невербальных команд (тактильной, вибрационной, температурной, визуальной и команд аудиотерапевта). Тренажер должен быть безопасен не только по возможности вызвать травму или функциональное перенапряжение, но и занятия на нем не должны вызвать когнитивного дискомфорта и психо-эмоционального перевозбуждения. При этом, хорошо изученные механизмы влияния двигательной активности, различной по интенсивности и виду, на разные системы организма человека, позволяют

прогнозировать лечебные эффекты и управлять воздействием нагрузочных элементов, воспроизводящих какой либо тип двигательной активности и благодаря возможности биомеханически детально воспроизводить выбранное движение, точно дозировать нагрузку, оценивать ее параметры, следовательно, двигательная активность с использованием оборудования для механотерапии позволяет применять механотерапию и в диагностических целях. Частично эти вопросы отражены в [4].

Отметим, что при заболеваниях и повреждениях центральной нервной системы в первую очередь нарушается регуляция двигательной функции, обеспечивающей исполнение заданного движения, нарушаются системы анализа выполненного движения. Реализация патологических механизмов охватывает всю вертикальную систему регуляций движений — мышечно-тоническую и фазическую (Анохин П. К.. 1974; С. Баролат-Романа, Х. Дажис. 1980; Д. Робертсон, 1984). Двигательная функция человека представляется чрезвычайно сложной. Движения обеспечиваются взаимосвязанными процессами, протекающими во внутренней среде организма на клеточном, тканевом, органном и системном уровнях с потреблением и образованием энергии макроэргических соединений. В одних случаях, движения примитивные, происходят непроизвольно по типу простого рефлекторного акта и осуществляются при участии сегментарного аппарата (спинного мозга, мозгового ствола). Более сложные движения, осуществляются не только сегментарным аппаратом, но и более высокими отделами нервной системы с участием экстрапирамидных структур, мозжечка. Ряд еще более сложных движений осуществляется не только при участии базальных ганглиев, экстрапирамидной системы, мозжечка и сегментарного аппарата, но и при известном участии коры головного мозга. Наконец, существует многочисленная категория движений, при которых участие коры головного мозга является основным, а иннервации экстрапирамидные и сегментарные - лишь вспомогательными, дополнительными. В связи с этим, информация о всех компонентах двигательного акта является не менее, если не более важной, чем собственно движение, особенно при нарушении чувствительности и снижении когнитивных функций. И именно эта информация является опорной основой для построения-восстановления полноценного движения (тактильная, визуальная, аудио, температурная, вибрационная, гравитационного отягощения, растягивания, симметричности функции), а воспроизведение этого движения на тренажере – функцией закрепляющей созданную предварительно управляющую команду.

Следовательно, информация о биоэлектрической активности мышц в процессе попытки выполнить активное движение или цикла пассивного движения позволяет определить мишени воздействия и способы многокомпонентной разномодальной стимуляции (визуальной, слуховой и т.д.). Эффективно это можно выполнить только с помощью дистанционной ЭМГ. Циклические вращательные движения нижних конечностей являются движениями подготавливающими пациента к выполнению важнейшей функции ходьбы и являются тем видом мышечной работы, который способствует тренировке сердечно-сосудистой и дыхательной систем, увеличивает мощность аэробного источника энергопродукции при выполнении работы.

Таким образом, выполняемые движения могут применяться как глобальный двигательный тест, включающий в себя и собственно первичный (связанный с работой мышц) и/или вторичный (связанный с работой костно-суставно-связочного аппарата) дефицит мышечной функции, отражающий особенности афферентного контроля и управления движением, а также механизмы адаптации к дефекту и двигательные возможности занимающегося и требуют для реализации современного высокотехнологичного оборудования для активно-пассивной механотерапии. В настоящее время наиболее эффективны работы по разработке и производству такой продукции на базе интегрированных производственно-корпоративных структур в рамках крупномасштабной системы здравоохранения Российской Федерации [5].

Литература

1. *Иванова, Г.Е.* Медицинская реабилитация в России. Перспективы развития / Г.Е. Иванова//Consilium Medicum, №02.1, 2016. – С.9-13.

2. *Иванова, Г.Е., Аронов, Д.М., Белкин, А.А. и др.* Пилотный проект «Развитие системы медицинской реабилитации в РФ»/Г.Е. Иванова, Д.М. Аронов, А.А. Белкин и др.// Вестник восстановительной медицины, 2016, №2 (72).- С.2-6

3. *Аронов, Д.М., Бубнова, М.Г., Бойцов С.А., Иванова, Г.Е., Андреев, А.Г., Барбараш, О.А., Белова, В.В. и др.* Организационные вопросы кардиореабилитационной службы в России. Результаты пилотного проекта «Развитие системы реабилитации больных сердечно-сосудистыми заболеваниями в лечебных учреждениях субъектов Российской Федерации»/ Д.М. Аронов, М.Г. Бубнова, С.А. Бойцов, Г.Е. Иванова, А.Г. Андреев, О.А. Барбараш, В.В. Белова, и др.//Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2016, Т.15.-№ 6.-С.4-12

4. К вопросу оценки состояния и перспектив применения принципов биомеханики движений в разработке импортозамещающих технологий медицинской реабилитации /Д.В. Ишутин [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2017. № 2 (78). С. 36-43
5. *Герцик Ю.Г., Омельченко И.Н.* Концепция и методология формирования организационно-экономической устойчивости и конкурентоспособности системы интегрированных предприятий медицинской промышленности. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. - 323 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ЛЕЧЕНИЯ ОРТОДОНТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Качалов Д.Л., Петухова Н.В., Фархадов М.П.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kachalov@comdcomp.ru, mais@ipu.ru, nvpet@ipu.ru

Аннотация: Работа посвящена описанию метода интеллектуального анализа телерентгенограмм в автоматизированном и автоматическом режиме для обеспечения поддержки персонифицированного подхода в диагностике и лечении зубочелюстно-лицевых аномалий. Предложенный метод позволяет собирать, анализировать в автоматическом режиме и размечать телерентгенограммы а также производить первичную оценку наличия зубочелюстно-лицевых аномалий с возможными вариантами лечения.

Ключевые слова: анализ больших данных, методы искусственного интеллекта, неструктурированные данные, нейронные сети, персонализированные методы лечения, диагностика и раскрытие патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий, антропометрия зубных рядов, телерентгенография, электромиография.

Введение

Актуальной научно-технической задачей работы является интеллектуализация процессов диагностики и выбора стратегии лечения пациентов с ЗЧЛА на основе создания математических методов, алгоритмов интеллектуального анализа больших массивов данных, применения современных информационных и компьютерных технологий в персонифицированной медицине для диагностики и раскрытия патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий с использованием больших массивов данных антропометрических, лучевых и функциональных методов исследования.

Обзор публикаций показывает, что применение интеллектуальных методов анализа данных в стоматологии и ортодонтии набирает популярность во всем мире. Создаются базы данных с онлайн доступом, разрабатываются алгоритмы анализа данных, появляются конкретные разработки. Однако, работы находятся пока еще на начальной стадии.

В рамках данной работы ведётся разработка алгоритмов управления диагностированием, раскрытием патогенеза, созданием персональных рекомендаций для пациентов на основе разработанных методов интеллектуального анализа больших массивов разнотипных данных.

В действующих клиниках уже сейчас накоплены существенные объёмы исследований пациентов, в том числе и телерентгенограммы, в том числе и в цифровом виде. Разрабатываемая метод и разрабатываемая на его основе система поможет организовать хранение накопленных материалов клинических исследований, обеспечить их автоматизированную интеллектуальную информационную обработку, выявить тенденции развития и средние показатели. Также разрабатываемый метод позволить в короткие сроки обеспечивать получение врачом полной картины патогенеза и своевременно выявлять тенденции в развитии заболеваний, при этом обеспечивая врача персонифицированными (для каждого пациента) рекомендациями по лечению и прогнозами по развитию заболевания.

Описанные преимущества становятся доступны благодаря современным методам машинного обучения и компьютерного зрения а также методам сбора и обработки больших данных, которые лежат в основе метода и системы интеллектуального анализа телерентгенограмм.

1 Методы анализа данных в ортодонтии и задачи исследования

Современные методы обработки больших данных предоставляют новые возможности для понимания патогенеза заболеваний и формирования новых идей для их лечения и профилактики. Однако применение больших данных в здравоохранении находится пока во всем мире на начальной стадии, и имеющиеся на сегодняшний день результаты не многочисленны и скромны. Большинство работ в этой области основано на анализе неоднородных данных электронных медицинских карт. В

ряде стран реализуются крупные проекты по созданию отраслевых или даже национальных репозитариев медицинских данных. Однако бывает трудно, а то и невозможно обеспечить требуемую полноту информации и ее соответствие принятым стандартам. В обзоре публикаций за последние 5 лет [1] авторы приходят к заключению, что информации о фактическом использовании в здравоохранении результатов анализа больших данных пока еще недостаточно и что требуются новые подходы и новые усилия в этой области.

В то же время современные методы исследования, применяемые в медицине, такие как рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография, телерентгенография и другие, сопровождаются производством большого количества цифровых данных и изображений, которые анализируются обычно вручную. Компьютерная обработка изображений имеет целью автоматизировать обнаружение патологий, а использование методов анализа больших данных позволяет выявить скрытые закономерности и скорректировать методы профилактики и лечения. Современные системы обработки изображений строятся в основном на искусственных нейронных сетях.

Методы исследования, которые применяются в современной ортодонтии и стоматологии, также сопровождаются производством большого количества данных: рентгеновские снимки, биометрическая данные, клиническая информация, цифровые сигналы от дополнительных диагностических аппаратов. На основании этих данных производится выбор методики лечения пациентов и составляется индивидуальный план лечения. Предварительные обзор публикаций показывает, что использование интеллектуальных методов анализа данных в стоматологии и ортодонтии набирает популярность. Создаются базы данных, разрабатываются алгоритмы анализа данных, появляются конкретные разработки [2,3]. Однако работы находятся пока еще во всем мире на начальной стадии.

Аномалии зубочелюстной системы вызывают у пациентов целый ряд серьезных проблем, что делает раскрытие патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий и управление процессом диагностики и лечения актуальной задачей современной ортодонтии.

Применение методов искусственного интеллекта для анализа изображений в сочетании с анализом других медицинских данных считается одним из перспективных направлений применения цифровых технологий в медицине.

Разработка методов управления процессами диагностики и лечения пациентов с зубочелюстно-лицевыми аномалиями на основе интеграции и интеллектуального анализа больших массивов данных антропометрических, лучевых, функциональных методов исследования.

Целью настоящей работы является применение методов интеллектуального анализа больших данных для решения актуальных задач диагностики и раскрытия патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий. Распространенность этих аномалий в различных регионах Российской Федерации в соответствии с данными исследований находится в пределах от 30% до 77%, и эти цифры не снижаются, что обусловлено факторами генетического характера и ухудшением здоровья женщин и детей. Решение проблем диагностики и лечения зубочелюстно-лицевых аномалий и выявления их патогенеза является значимой задачей современной медицины.

Задачи:

- исследование методов и моделей распознавания многоточечных и многопараметрических моделей на рентгеновских снимках черепа человека и цифровых 3D-моделях челюстей,
- разработка метода распознавания многопараметрической модели с помощью нейронных сетей на массиве снимков и моделях челюстей,
- обучение модели (нейронной сети) на массиве больших данных снимков и цифровых моделей челюстей,
- разработка системы персонифицированных рекомендаций по результатам анализа моделей челюстей, снимков пациентов, цифровых сигналов функциональных методов исследования.

Существующие модели позволяют строить персонифицированные рекомендации по лечению зубочелюстных аномалий, однако не существует автоматизированного метода распознавания многопараметрических моделей на рентгеновских снимках и моделях челюстей.

На основе методов распознавания, построенных на нейронных сетях, разрабатывается метод распознавания характерных параметров, достаточных для построения модели определения аномалии у пациента.

Данный проект разрабатывается на стыке медицинских и информационных технологий и возможностей, что позволяет получить результаты в нескольких отраслях науки, а также значительные результаты на практике.

Основным ожидаемым результатом работы будет обеспечение возможности построения интеллектуальной автоматизированной системы диагностики и выбора методов лечения пациентов с ЗЧЛА, что будет являться поддержкой при принятии решений врачом-ортодонтом.

Разрабатывается система с возможностью автоматизированного цефалометрического анализа боковой телерентгенографии головы, получения антропометрии на цифровых 3D-моделях челюстей, автоматическая сегментация и определение размеров зубов а также положения корней. Разрабатываемый метод, реализующийся в системе, позволит повысить эффективность и сократить время на диагностику и лечение.

2 Методика исследования

Разрабатываемый метод строится на технологиях компьютерного зрения и аналитической обработки информации.

Так как среди задач есть задача сбора данных, разметки данных, в разрабатываемой системе предполагается модуль обучения, который будет обрабатывать размеченные изображения и настраивать модель для автоматического распознавания неразмеченных. Чтобы обеспечить работу по разрабатываемому методу разрабатывается информационная система, обладающая блочной архитектурой (рис. 1).

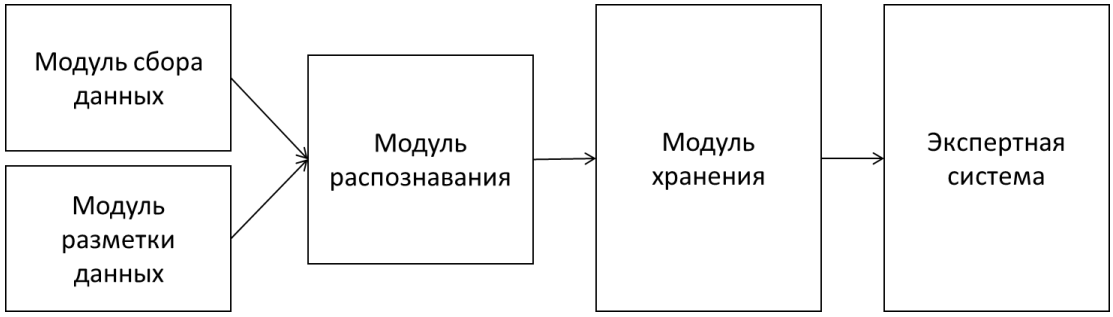


Рис. 1. Архитектура системы.

Согласное представленной архитектуре модуль сбора данных получает размеченные изображения, сохраняет на них положение точек в модуле хранения данных.

В дальнейшем при поступлении изображений в систему модуль распознавания автоматически находим характерные точки, согласно обработанным ранее изображениям и автоматически размечает новое изображение, далее пользователь может редактировать обозначенные точки и корректировать процесс автоматического распознавания, тем самым дообучая систему.

Модуль распознавания, кроме характерных точек также предоставляет возможность распознавания и построения контура и характерных отрезков для расчёта значений по полученному изображению а также соотношений отрезков.

В основе работы модуля распознавания лежит нейронная сеть, которая по выстроенной модели находит необходимую точку на изображении, руководствуясь значениями, полученными из модуля разметки и посчитанными коэффициентами модели, позволяющими определять точки на картинке и фиксировать расстояние между точками для последующего расчёта.

Телерентгенограмма, будучи рентгеновским изображениям является черно-белым изображением и практически без дополнительной бинаризации может быть обработана модулем распознавания, что в свою очередь уменьшает время распознавания и общее время анализа снимка (рис. 2).

Получив изображение для обработки, система расставит точки и сохранит размеченное изображение. На его основе рассчитывается модель, показывающая основные соотношения, на основе которых врач может сделать вывод о необходимости применения тех или иных мер для лечения.

Последний модуль системы отвечает за проработку и предоставление персонифицированного анализа ТРГ, рекомендаций лечения и прогноза развития и изменений. На основе описанных медицинских подходов к лечению, занесённых в экспертную систему, последний модуль может предоставлять все эти возможности, а также сравнивать анализ ТРГ для одного и того же пациента или определенной группы, в рамках которой проводится исследование здоровья пациента.

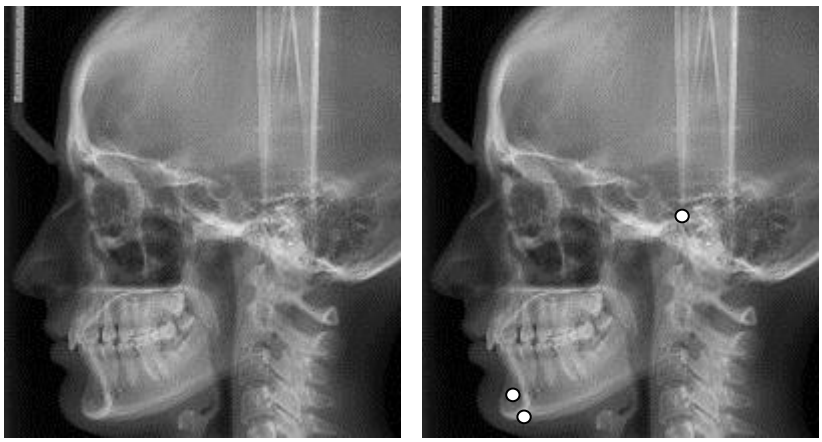


Рис. 2. Пример ТРГ и ТРГ с автоустановленными точками

Заключение

Описанный в работе метод позволяет обеспечить полный цикл обработки изображения ТРГ от сбора и разметки, хранения до предоставления персонифицированных рекомендаций по лечению. Информационная, основанная на предложенном методе позволяет увеличить эффективность работы врача и предоставить своеобразного электронного ассистента – программу, которая сможет в автоматическом режиме производить анализ изображений и предоставлять рекомендации по лечению. Данная разработка основывается на современных методах и подходах к обработки больших данных и машинном обучении, способном в автоматическом режиме анализировать поступающую информацию и извлекать из неё знания. Информационная система, в основе которой лежит интеллектуальный метод анализа ТРГ, строится по модульному принципу и может быть интегрирована в существующие информационно-аппаратные системы или применятся самостоятельно.

Литература

1. *Mehta N, Pandit A.* Concurrence of big data analytics and healthcare: A systematic review. Int J Med Inform. 2018 Jun;114:57-65. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2018.
2. *Vaden JL, Riolo CS, Riolo ML*. An orthodontic registry: producing evidence from existing resources. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2017;152:289–91.
3. *Joda T., Waltimo T., Pauli-Magnus C., Probst-Hensch N., Zitzmann N.U*. Population-Based Linkage of Big Data in Dental Research. Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 2357; doi:10.3390/ijerph15112357
4. *Елисеев А.В., Качалов Д.Л., Фархадов М.П.* Modern methods to collect, store and process big data in large-scale systems / Proceedings of the 5th International Conference on Control, Instrumentation, and Automation (ICCIA 2017, Shiraz, Iran). Shiraz: Shiraz University, 2017. С. 160-163. DOI: 10.1109/ICCIAutom.2017.8258674
5. Ортодонтия. Современные методы диагностики аномалий зубов, зубных рядов и окклюзии / Персин Л.С., Слабковская А.Б., Картон Е.А., Дробышева Н.С., Попова И.В., Текучева С.В., Илюшина А.С., Порохин А.Ю., Рижинашвили Н.З., Рыбакова М.Г., Селезнев А.В., Вагапов З.И., Егиазарян А.Л., Коваленко А.В. Учебное пособие / Москва, 2017.
6. *Текучева С.В., постников М.А., Персин Л.С.* Применение ортодонтического аппарата собственной конструкции для лечения пациентов с мезиальной окклюзией в сочетании с аномалиями зубных рядов на раннем этапе смены зубов. Клинический случай // Стоматология. - 2018. - №4.

КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ВЫРАБОТКЕ МЕДИЦИНСКОГО ДИАГНОЗА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОДГОТОВЛЕННЫХ АНАЛИЗОВ

Корноушенко Е. К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
ekorno@ipu.ru

Аннотация: Предлагается алгоритмическая процедура выработки медицинского диагноза по результатам анализов, удовлетворяющих заданным требованиям. Изложение ведется на примере конкретной выборки Dermatology из известного репозитория UCI Machine Learning. Полученные результаты свидетельствуют о том, что предлагаемая процедура может быть полезным помощником врачу при выработке окончательного диагноза.

Ключевые слова: вид заболевания, анализ, вес анализа, «профиль» пациента, «портрет» пациента.

Введение

Применение компьютерных методов в медицинском диагностировании составляет отдельную ветвь в медико-биологических исследованиях, характеризующуюся использованием новых технологий при исследовании чрезвычайно сложных объектов в условиях неполноты и неоднозначности получаемой информациии, затрудняющих построение формальных моделей и компьютерных программ медицинского диагностирования. Подобные программы известны лишь для отдельных случаев [1], характеризующихся тем, что в исследуемых случаях можно выделить классы с известными значениями входящих в них переменных, а при дальнйшем исследовании подобного случаев такие классы сохраняются при изменении значений входящих в них переменных. В последнее время появились публикации по компьютерному диагностированию в случаях принципиального остутствия каких-либо сохраняющихся априорных классов. В таких случаях выработка диагноза для пациента сводится к распознаванию структуры того или иного класса с привлечением результатов соответствующих обследований пациента. В литературе такие диагнозы получили название классификации без обучения (*unsupervised classification*) [2]

В данной работе рассматривается процедура медицинского диагностирования по полученным результатам так называемых подготовленных анализов (т.е. анализов, удовлетворяющих определенным требованиям – см. ниже). Каждый этап этой процедуры предусматривает выполнение определенных действий над получаемой информацией, при этом в силу её неполноты и неоднозначности невозможны какие-либо прогнозирования окончательного результата. Предлагаемая процедура является, таким образом, процедурой классификации без обучения. Для простоты изложения действенность этой процедуры показывается на примере конкретной выборки Dermatology из известного репозитория UCI Machine Learning [3]. Полученные на этой выборке результаты свидетельствуют о том, что предлагаемая процедура могла бы стать полезным помощником врачу при определении им окончательного диагноза.

1 Исходная информация, содержащаяся в выборке Dermatology

Выборка Dermatology содержит результаты 33 клинических и гистопатологических анализов[109], проведенных над 343 пациентами с целью определения (классификации) у них тех или иных кожных заболеваний из 6 видов возможных заболеваний. Более подробная информация об используемых анализах, представляющая интерес для читателя, содержится в [4, 5]. В частности, в [4] указано, какие анализы являюся клиническими, а какие – гистопатологическими. Результаты каждого из анализов оцениваются качественно в единой для всех анализов шкале 0, 1, 2, 3. Выборка содержит также результаты классификации (диагноз) для каждого из 343 пациентов. Подчеркнем, что эти диагнозы никоим образом не используются в предлагаемой процедуре диагностирования, а служат лишь для оценки точности классификации самой процедуры. Базисным понятием в процедуре является понятие подготовленных анализов, положенное в основу анализа взаимно многозначных отображений типа «вид заболевания – применяемые анализы». Это понятие предусматривает наложение на совокуность используемых анализов следующих. требований: а) для каждого вида заболевания должно быть определено множество анализов, допустимых для этого вида; б) анализы в каждом таком множестве ранжируются по «важности» для соответствующего вида заболевания. В работе [4] эти требования выполняются в виде приведенной таблицы (см. далее табл. 1), в которой

[109] *По причинам, не относящимся к данной работе, в [4] для диагностирования используются лишь 26 анализов (с сохранением их прежней нумерации).*

каждому виду заболевания соответствуют 16 возможных анализов и эти анализы упорядочены по «важности» для каждого заболевания.

2 Формальная процедура выработки диагноза (классификация)

Введем следующие обозначения: a_i – i-й анализ, i = 1,…, 33, d_j – j-й вид заболевания, j = 1,…, 6, $C(d_j)$ – множество анализов, относящихся к d_j (см. табл. 1). Совокупность множеств вида $C(d_j)$, содержащих анализ a_i, обозначим как $S(a_i)$, число таких множеств в $S(a_i)$ характеризует степень неоднозначности N_i анализа a_i Каждому упорядоченному множеству $C(d_j)$ сопоставим вектор $R(d_j)$, в котором s–й координате приписывается ранг $r(s, d_j)$, равный порядковому номеру этой координаты в $R(d_j)$, так что на каждом множестве $C(d_j)$ вводится ординальное ранжирование.

Пусть $a_i \in C(d_j)$ и a_i является s–й координатой в $R(d_j)$. Считаем, что *важность* $q(a_i, d_j)$ анализа a_i для заболевания d_j обратно пропорциональна рангу $r(s, d_j)$, умноженному на N_i: $q(a_i, d_j) = 1/ r(s , d_j)N_i$.

Предположим, что анализ ai имеет некоторое ненулевое значение $\hat{a}_i$ в шкале 1, 2, 3. Вес w(ai, dj) анализа ai при заболевании dj определим как

(1) $\quad w(ai, dj) = \hat{a}_i q(a_i, d_j).\ x_M^*$

Пусть pk – k-й пациент из выборки Dermatology, которому соответствует k-я строка в этой выборке и nk ненулевых анализов в этой строке. Множество Pk ненулевых анализов в k-й строке выборки назовем профилем k–го пациента, а множество значений ненулевых анализов из Pk обозначим через $\hat{P}_k$. Каждый анализ из Pk назовем компонентой профиля Pk. Вес заболевания dj у k–го пациента определим как

(2) $\quad w(p_k, d_j) = \sum_{i=1}^{n_k} \hat{a}_i q(a_i, d_j) \,|\hat{a}_i \in \hat{P}_k)$.

Замечание к формулам (1) и (2). В теории принятия решений вопросы ранжирования и взвешивания критериев (в данном случае – анализов) занимают важное место (см., например, [6], где рассматриваются различные варианты таких процедур). Согласно [6], веса, приписываемые ранжированным переменным (ранжированные веса), имеют наиболее важные свойства. Именно такими весами являются веса, приписываемые согласно (1) ранжированным анализам. Отличие формул (1) и (2) от ивестных определений весов в том, что данные формулы носят условный характер, т.е. они определены по отношению к соответствующей альтернативе (в данном случае – к конкретному виду того или иного заболевания).

Суть предлагаемой процедуры диагностирования для k–го пациента состоит в нахождении для него весов $w(a_i, d_j)$ (согласно (1)) компонент профиля Pk для каждого заболевания из 6 возможных, суммирования этих весов для каждого заболевания dj и выбора из найденных сумм наибольшей суммы. Заболевание, соответствующее наибольшей сумме, интерпретируем как диагноз для k–го пациента.

Для оценки точности диагностирования предлагаемой процедуры её диагноз для каждого пациента сравнивался с диагнозом, содержащимся в выборке Dermatology, и в случае их совпадения диагноз процедуры считался правильным (*wrapper approach*). Точность диагностирования процедуры без коррекций составила 76% (261 правильный диагноз). Ниже показано, как с помощью некоторых эвристических коррекций профиля пациента можно повысить точность диагностирования.

2 Эвристические приемы повышения точности диагностирования

Продолжим аналогию в терминах распознавания образов и перейдем от профиля пациентиа к «портрету» пациента. Под портретом пациента будем понимать совокупное распределение D(ak, dj) весов анализов по компонентам профиля Pk, k = k1, …,k_{n_k} , и по видам заболеваний dj, j = 1, …, 6. Эвристические приемы повышения точности диагностирования предусматривают введение следующих коррекций в портрет пациента.

А). Поскольку точность классификации зависит от выбора шкалы, используемой для оценки результатов анализов, исходные оценки анализов в выборке Dermatology корректировались с использованием нелинейной монотонной функции $f(\hat{a}_i) = log_{10}(1 + \hat{a}_i{}^2)$.

Б). При вычислениях веса для того или иного заболевания согласно (2) возможны длинные «хвосты» последовательных сложений «важностей» анализов с возрастающими рангами (≤ 16), эти «хвосты» могут ухудшать точность классификации. Для «отсечения» таких «хвостов» был проведен одномерный поиск по нахождению «точки отсечения» (*cut off*) длинных «хвостов». В данной процедуре из формулы (2) исключались анализы с рангами, большими 11.

В). Допустим, что для k-го пациента распределение $D(a_k, d_j)$ таково, что в нем существует (j, i)-й элемент, являющийся единственным ненулевым элементом для j-й строки и i-го столбца, Это

означает, что анализ a_i взаимно однозначно связан с видом заболевания d_j. В таком случае заболевание d_j считаем диагнозом для k-го пациента, а анализ a_i назовем *маркером* для этого пациента. Возможны случаи, когда для некоторых пациентов существует несколько маркеров, тогда диагноз связывается с маркером наибольшего веса.

Учет маркеров в распределении $D(a_k, d_j)$ позволил повысить точность диагностирования до 88.4% (302 правильных диагноза). Заметим, что в рамках классификации без обучения каждый рассматриваемый случай является уникальным, поэтому невозможно проводить сравнение результатов классификации для несравнимых случаев. В то же время результат предложенной здесь процедуры диагностирования (*unsupervised*) представляется вполне «приличным».

Г). Представляется полезным следующий этап процедуры: для каждого из 41 оставшегося «без диагноза» пациента процедура указывает пару заболеваний (диагнозов), при этом для 14 пациентов в такой паре один из диагнозов являлся правильным («серое» диагностирование). Цель этого этапа состоит в сокращении вариантов возможных диагнозов для каждого пациента, что может ускорить процесс выработки врачом результирующего диагноза.

Заключение

Выработка медицинского диагноза – это сложный многоэтапный процесс: предварительное обследование, подбор необходимых анализов, интерпретация результатов анализов, принятие окончательного решения. Предлагаемая в докладе формальная процедура относится к последнему этапу – принятию решения по результатам анализов с учетом качественных измерений результатов анализов, принципиальной неоднозначности в интерпретации самих анализов и т.п. Подобные трудности возникают при интерпретации совершаемых действий и выработке решений и в других системах (финансовых, технических, социальных и т.п.), где подобная формальная процедура могла бы оказаться весьма полезной.

Литература

1. Fatima M., Pasha M. Survey of machine learning algorithms for disease diagnostic //J. Intel. Learning Syst.&Appl. 2017. Vol. 9. P. 1–16.http://www.scirp.org/journal/jilsa

2. Deo R. C. Machine learning in medicine // Circulation. 2015. Vol. 132. № 20. P. 1920–1930. lhttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5831252/

*3.*UCI Machine learning repository // archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html

4. Govenir H. A., Demiroz G., Ilter N. Learning differential diagnosis of erythemato-squamous diseases using voting feature intervals // Artif. Intelligence in Medicine, 1998. Vol.13. pp. 147 – 165.

5. El-Baz A. H. Filter based feature selection for automatic detection of erythemato-squamous diseases // British J. of Math. and Comp. Sci. 2015. Vol. 9. № 5. pp. 394 – 406. www.journalrepository.org/.../El-Baz952015BJMCS17618.p

*6. E. Roszkowska, "*Rank ordering criteria weighting methods – a comparative overview," Optimum. Studia Ekonomiczne, 2013, vol. 65, No 5. https://www.researchgate.net/publication/280081585 ...

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ВВЕДЕНИЯ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ВИРУСНОЙ ВАКЦИНЫ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Кузина Е. А., Бабушкина Н.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
Kate_k93@mail.ru, babushkina_na@mail.ru

Аннотация: В работе представлены результаты поиска эффективных стратегий введения противоопухолевых вирусных вакцин, полученных в результате вычислительного эксперимента на математических моделях. Выявлены стратегии введения вакцин позволяющие стабилизировать размер опухоли, зафиксированный в момент начала лечения, и стратегии позволяющие уничтожить опухолевые клетки при ограниченном размере опухоли в момент начала лечения. Построены графики, которые позволяют определять дозу вакцины и длительность интервалов между введениями в зависимости от размера опухоли в момент начала лечения.

Ключевые слова: математическое моделирование, опухолевые клетки, вакцинотерапия, иммунотерапия, стратегии введения вирусных вакцин

Введение

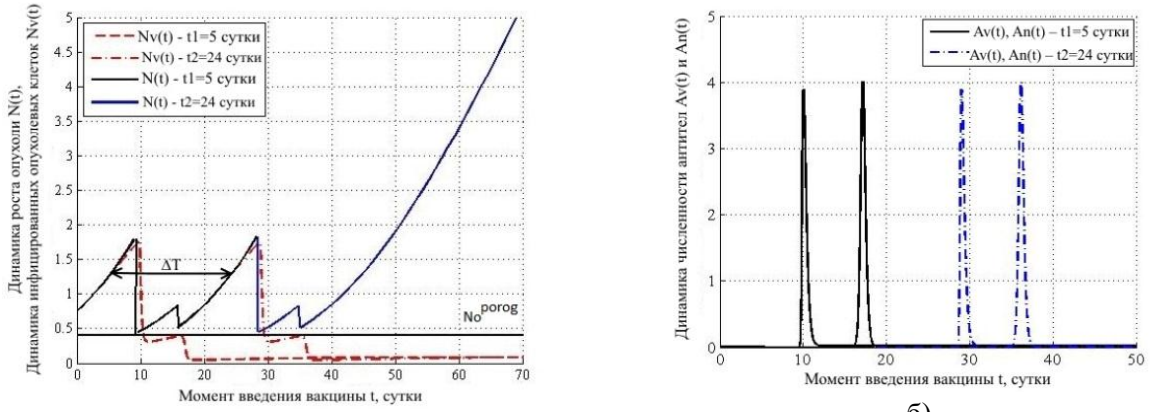
Для решения проблемы успешного лечения онкологических заболеваний в настоящее время активно разрабатываются различные методы иммунотерапии, которые имеют большие перспективы для окончательной победы над этим заболеванием [1-4]. Основной целью методов иммунотерапии является оптимальная активация противоопухолевого иммунитета собственного организма, в котором развивается процесс роста опухоли. Все методы иммунотерапии решают одну и ту же задачу - побороть невосприимчивость иммунной системы организма к собственным опухолевым клеткам.

Применение противоопухолевых вирусных вакцин является одним из методов иммунотерапии.

Для решения этих задач был разработан программный комплекс в системе MatLab – Simulink и проведён вычислительный эксперимент, который позволил исследовать эффективность различных стратегий введения вирусных вакцин в зависимости от дозы и размера опухоли в момент её введения. В результате проведённых исследований были определены три эффективных стратегии, которые позволяют сдержать рост опухоли, либо уничтожит опухоль. Однако исход лечения зависит от размера опухоли в момент начала лечения.

1 Стратегия стабилизации размера опухоли на уровне зафиксированном в момент начала лечения

Было показано, что стратегия стабилизации размера опухоли может быть реализована только для доз, при введении которых образуется равное количество антител на первом и втором этапах иммунного ответа (рис. 1б).



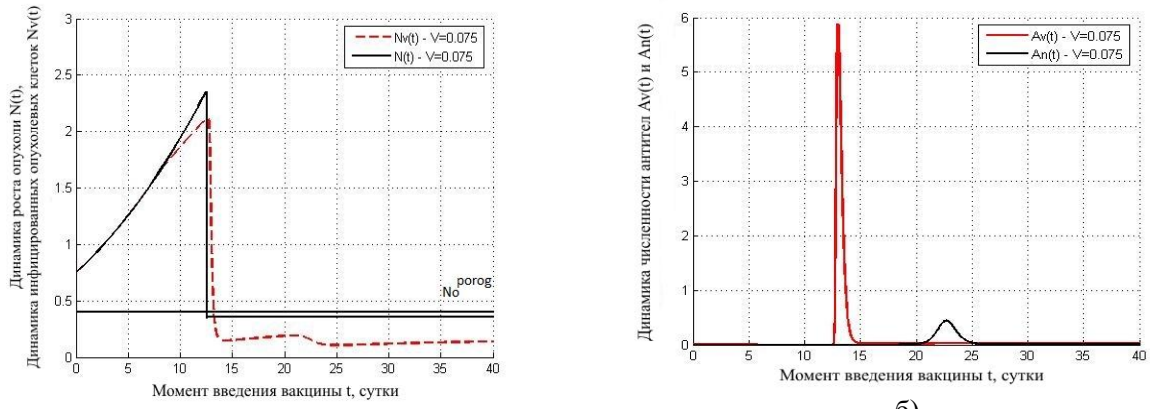
а) б)

Рис. 1. Кинетическая траектория роста опухоли при стратегии стабилизации объема опухоли в момент начала лечения: а) траектории роста опухоли при введении вирусной вакцины в дозе V_0 = 0.05 на τ_1 = 5 сутки; б) динамика образования антител A_V (V_0 , τ_1) и антител A_N(V_0 , τ_1) на 1-ом и 2-ом этапах иммунного ответа [5, стр. 49].

Стратегия стабилизации роста опухоли выполняется в узком диапазоне доз от V_0^{stab} = 0.04 до V_0^{stab} = 0.06, при постоянном значении длительности интервала между повторными введениями вакцины. Длительность интервалов между введениями вакцины ΔT и величина применяемых доз вирусной вакцины возрастает с увеличением размера опухоли.

2 Стратегия полного уничтожения опухолевых клеток при однократном введении вирусной вакцины

Согласно полученным результатам при однократном введении вирусной вакцины можно добиться гибели опухолевых клеток уже на первом этапе иммунного ответа (рис. 1а).



а) б)

Рис. 2. Однократное введение вирусной вакцины в дозе V_0^{let} = 0.075 на τ_1 = 8 сутки; а) кинетическая траектория роста опухоли N(t) и инфицированных опухолевых клеток $N_V(t)$ (пунктир); б) динамика образования антител $A_V(V_0, \tau_1)$ и $A_N(V_0, \tau_1)$ на 1-ом и 2-ом этапах иммунного ответа [5, стр. 48].

Это достигается при условии, когда численность образующихся антител на первом этапе превышает численность антител образующихся на втором этапе иммунного ответа (рис. 2б).

Величина летальных доз V_0^{let}, приводящих к уничтожению всех опухолевых клеток на первом этапе иммунного ответа, зависит от размера опухоли в момент введения вирусной вакцины. Однако этот результат возможен только для опухолей небольших размеров, продолжительность роста которых не превышает 8 суток.

3 Стратегия многократного введения вирусной вакцины для полного уничтожения опухолевых клеток

Для решения задачи полного уничтожения опухолевых клеток при больших размерах опухолей была использована стратегия стабилизации роста опухоли, при которой пошагово сокращалась длительность интервалов между повторными введениями вирусной вакцины (рис.3). Расчёты показали, что данная стратегия введения вирусной вакцины, позволяющая добиваться полного уничтожения опухолевых клеток только для опухолей, длительность роста которых не превышает 20 суток.

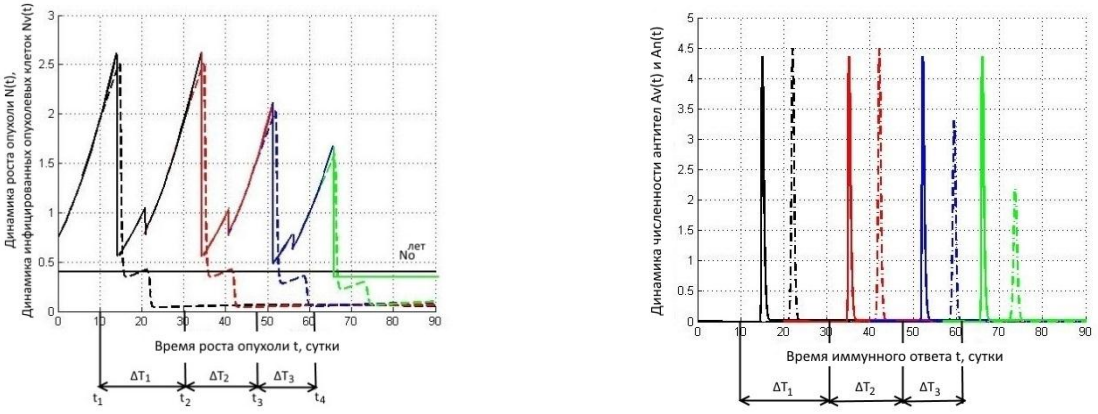


Рис.3. Стратегии многократного введения вирусной вакцины в дозе V_0 = 0,056 на τ_1 = 10 сутки с сокращением интервала между последовательными введениями (с шагом = 3 суток), а) траектории роста опухоли N(t) (сплошная линия) и инфицированных клеток Nv(t) (пунктир); б) динамика образования антител после первого и второго этапов иммунного ответа: $A_V(t)$ (сплошная линия) и $A_N(t)$ (пунктирная линия)

Заключение

В работе приведены результаты исследования эффективных стратегий введения противоопухолевой вирусной вакцины, основанные на компьютерном алгоритме, который

использует математическое моделирование и экспериментальные данные роста опухоли после введения вирусной вакцины.

Стратегия стабилизации размера опухоли в момент начала лечения может применяться для пациентов, которым не показано проведение хирургического вмешательства, что открывает перспективы лечения и свободу выбора для пациентов с поздними стадиями развития опухолей.

Полное уничтожение опухолевых клеток при однократном введении вирусной вакцины возможно для небольших размеров опухоли. Результаты моделирования согласуются с клиническими данными о том, что достичь полного излечения от онкологического заболевания возможно при ранней диагностике рака.

Стратегия полного уничтожения опухолевых клеток путём многократного введения вирусной вакцины с пошаговым сокращением интервалов между введениями возможно применять только для размеров опухоли, продолжительность роста которых не превышает 20 суток.

Разработанный алгоритм расчётов эффективных стратегий применения вирусных вакцин может быть использован для различных видов экспериментальных опухолей и типов противоопухолевых вирусных вакцин.

Литература

1. *Лежнин Ю.Н., Кравченко Ю.Е., Фролова Е.И., Чумаков П.М., Чумаков С.П.* Онкотоксические белки в противораковой терапии: Механизмы действия // Молекулярная биология, 2015, том.49, №2, с. 264-278.
2. *Локтев В. Б., Иванькина Т.Ю., Нетесов С.В., Чумаков П.М.* Онколитические парвовирусы. Новые подходы к лечению раковых заболеваний // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2012. – №. 2. – С. 42– 47.
3. *Kose E., Moore S., Ofodile C., Radunskaya A., Swanson E., Zollinger E.* Immuno-kinetics of immunotherapy dosing with DCS // LELLERS IN BIOMATHEMATICS, 2017, Vol.4, № 1, pp. 39-58
4. *Kim R., Woods T., Radunskaya A.* Mathematical modeling of tumor immune interactions: A closer look at the role of a PD-L1 inhibitor in cancer immunotherapy // Spora: A Journal of Biomathemanics, 2018, Vol.4: Iss.1, pp.25-41
5. *Бабушкина Н.А., Кузина Е.А., Лоос А.А., Беляева Е.В.* Оценка эффективных стратегий применения противоопухолевой вакцинотерапии на основе математического моделирования // Математическая биология и биоинформатика. 2019. – Т.14.- №1.- С.34-54. doi: 10.17537/2019.14.34.
6. *Babushkina N., Kuzina E.* Analytical study of the antitumor viral vaccine introduction regimens based on mathematical modeling // Advances in Systems Science and Applications. – 2018. – Vol.18. – № 1. – P.59–84.
7. *Бабушкина Н.А., Глумов В.М., Кузина Е.А*. Применение математического моделирования для оценки эффективности метода противоопухолевой терапии // Проблемы управления. - 2017.- № 3. -С. 49 – 56.

ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ КАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНЫМ СТАЦИОНАРОМ[110]

Мандель А.С., Дорофеюк Ю.А., Максаков В.В., Шифрин М.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65

almandel@yandex.ru; dorofeyuk_julia@mail.ru; vmaxacov@gmail.com; shifrin@nsi.ru

Аннотация: Исследуется возможность исследования электронных медицинских карт как инструмента управления крупного стационара. Рассматриваются критерии оптимальной работы крупного стационара на основе анализа места крупных стационаров в системе организации медицинской помощи населению. Обсуждаются требования к новому поколению электронных медицинских карт. Описываются методы проектирования системы управления крупным стационаром

Ключевые слова: крупные стационары, система управления, электронные медицинские карты.

Введение

Применительно к организационному управлению в здравоохранении известно три основных направления исследований в области автоматизации медицинских технологических процессов:

1. электронные медицинские карты в различных вариантах (включая карты здоровья, карты пациентов);
2. поддержка принятия решений на основе клинических руководств;
3. управление клиническими процессами (электронные клинические пути - ЭКП).

[110] *Работа частично поддержана грантjм РФФИ, проект № 16-29-12895 офи-м*

1 Оптимизация деятельности крупного стационара

Критерием оптимальности деятельности стационара на вербальном уровне может считаться получение наивысшего медицинского и социального эффекта в рамках финансовых возможностей, предлагаемых бюджетом, обязательным медицинским страхованием и оказанием платных медицинских услуг. Реализация этой задачи осуществляется организационной системой здравоохранения (системой управления стационаром) [1], которая, в свою очередь дополняется информационными системами (автоматизированными системами управления), повышающими эффективность ее функционирования.

Электронные технологические карты (ЭТК), реализующие процессный подход к организации управление стационаром, более привычные в области здравоохранения под названием «электронные медицинские карты» (ЭМК) получили к настоящему времени широкое распространение на Западе [2] и применяются в ряде отечественных крупных стационарах.

Очевидным является то, что для модернизации (совершенствования) системы управления крупным стационаром и соответствующей медицинской информационной системы (МИС – подсистема управления стационаром) необходимо наличие системы адаптации, позволяющей гибко, оперативно и с минимальными затратами приспосабливать действующую систему к изменениям.

2 Электронная медицинская карта, как основа построения МИС крупного стационара

В [3] утверждается, что совершенствование управления, в нашем случае стационаром, за счет применения современных МИС МО возможно только, в том числе за счет обеспечения ведения медицинской документации в электронном виде (ведения электронной медицинской карты – ЭМК).

3 Методы проектирования и оптимизации подсистемы управления крупным стационаром

Подсистема управления включает в свой состав: алгоритмическое, информационное, программное, техническое, организационно-правовое обеспечения, а также их составляющие.

Под алгоритмическим управлением будем понимать: формальные (формализованные) модели планирования и управления; алгоритмы взаимодействия лица, принимающего решение (далее–ЛПР) с формальными моделями, образующие человеко-машинную систему. В.А. Трапезников [5] процесс управления представляет, как ввод определенного количества информации в систему.

Очевидно, что затраты на формирование и ввод необходимой управляющей информации пропорциональны количеству элементов процесса и количеству опосредованных связей. Совершенно естественно будет ввести количественную оценку технологичности, как величину обратную к затратам. Это отвечает интуитивным представлениям, то есть в идеальном случае управлять процессом не надо, Он полностью самоорганизован, а при росте управляющей информации наступает момент, когда процесс становиться неуправляемым и необходимо решать вопрос о разделении процесса на ряд подпроцессов с введением промежуточного уровня иерархии.

Данный подход можно использовать для оценки самых различных систем от организационных до программных. Чем сложнее система, тем сложнее количественно оценить объемы управляющей информации и затраты на ее получение, но тем не мене даже грубая оценка однородных систем позволяет выявить более технологичные [6].

Можно сформулировать общие правила повышения технологичности процессов: необходимо уменьшать количество подпроцессов; необходимо уменьшать количество опосредованных связей.

Технологичность, в данном понимании можно интерпретировать в двух направлениях:

1) когда управляющий орган «человеческий», в данном случае применение автоматизации управления (создание и внедрение профильных информационных систем, в нашем случае это информационные системы управления крупным стационаром), с точки зрения изложенных правил повышает технологичность управляемого процесса и ограничением могут служить только экономические и научные факторы;

2) когда управляющей орган представляет собой автоматизированную или автоматическую систему, или систему искусственного интеллекта, в этом случае повышение технологичности упрощает управляющий автомат, и можно ставить оптимизационную задачу поиска оптимального сочетания вложения средств в совершенствование управления (управляющего автомата) и совершенствования технологии.

Так как ЭТК создается для каждого включенного в систему процесса, происходящего в медицинском учреждении [2], необходимо предусмотреть процедуру оценки технологичности ЭТК в соответствии с предлагаемой методикой. Данный подходи позволит оптимизировать управление крупным стационаром на базе ЭМК.

Адаптивность информационных систем (автоматизированных систем управления) подробно исследована в [7, 8]. Предложено три уровня адаптации:

1.Адаптация системы обработки данных, при которой программное обеспечение адаптируется к информационным особенностям объекта;

2.Адаптация типовых задач к особенностям объекта;

3.Адаптация в смысле реализации оригинальных функций управления присущих конкретному объекту.

Если рассматривать процесс производства различных видов информационных систем (автоматизированных систем управления), возможно одного выбранного класса, то в данном случае технологичность этого процесса можно приравнять к количественной оценке адаптивности системы, если под системой понимать информационную систему (автоматизированную систему управления), которую можно получить с помощь данного процесса [6].

Предполагается, что мы можем каким-то образом измерить затраты управляющей информации на поддержание процессов в работоспособном состоянии. Для достаточно грубой, но вполне конструктивной оценки можно воспользоваться следующим подходом:

- определить для каждого процесса понятия параметрической и структурной настройки, считая, что параметрическую настройку осуществляет малоквалифицированный персонал, а структурную – высококвалифицированный персонал;
- определить, для каждого процесса множество вариантов информационной системы (автоматизированной системы управления), на которые может настраивать данный процесс;
- определить затраты на параметрическую и структурную настройку для некоторого усредненного представителя множества вариантов информационной системы (автоматизированной системы управления) и считать, что высококвалифицированный специалист в 3-5 раз продуктивнее низкоквалифицированного. Это соотношение взято достаточно условно из [10]. Косвенным подтверждением этой оценки служит существующий эвристический принцип, что квалифицированный специалист может продуктивно руководить тремя – пятью менее квалифицированными специалистами. Кроме того, это соотношение не критично и может быть уточнено для каждого конкретного случая. Нам же оно необходимо для того, чтобы дать некоторые количественные оценки Определим оценку адаптивности информационной системы (автоматизированной системы управления), как обратную величину затрат на настройку на один элемент множества вариантов информационной системы (автоматизированной системы управления);
- для первичной классификации можно также рассмотреть, требуется ли структурная настройка вообще и, если не требуется, то по отношению к аналогичным информационным системам (автоматизированным системам управления), использующим структурную настройку, данная система будет в три – пять раз более адаптивна.

В Методических рекомендациях по обеспечению функциональных возможностей медицинских информационных систем медицинских организаций [3] приведены рекомендации по приспособляемости (адаптации) при изменении условий эксплуатации МИС медицинского учреждения (далее – МИС МО). МИС МО должна обладать свойствами приспособляемости и масштабируемости, заключающимися в возможности сохранения или повышения производительности при изменении условий эксплуатации, гибкости по отношению к изменениям, не связанным с коренным изменением нормативных документов, регулирующих деятельность медицинского учреждения. Требования к приспособляемости МИС МО заключаются в обеспечении возможности ее работоспособности в следующих случаях:

- При изменении количества потребителей информации;
- При изменении количества автоматизируемых функций;
- При изменении требований к безопасности МИС МО;
- При изменении количества и/или специализации поставщиков информации.

Предлагаемая методика позволяет сравнить возможности адаптации различных МИС, дать некую количественную оценку.

Заключение

Предложена методика совершенствования электронных медицинских карт как инструмента управления крупным стационаром.

Литература

1. *Полунина Н.В*. Общественное здоровье и здравоохранение. – М: Издательство «Медицинское информационное агентство», 2010. –544 с
2. *Дорофеюк А.А., Дорофеюк Ю.А., Мандель А.С., Чернявский А.Л., Шифрин М.А.* О разработке нового поколения электронных медицинских карт, являющихся инструментом управления процессом работы с больными в крупном стационаре / Материалы 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 2. С. 456-458.
3. Методические рекомендации по обеспечению функциональных возможностей медицинских информационных систем медицинских организаций (МИС МО). Утверждено Министром здравоохранения Российской Федерации 1 февраля 2016 года. – 82 с.
4. *Месарович М., Мако Д., Такахара И*. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973.– 344 с.

Трапезников В.А. Управление и научно-технический прогресс. – М.: Наука, 1983. – 224 с.

Максаков В.В. Некоторые количественные оценки технологичности и адаптивности составных частей АСУ. – В кн. «Перспективные направления развития информатики и компьютерной технологии в здравоохранении. Тез. Всесоюзной научной конференции, М.: 1986. – с.121-122.

5. *Бобко И.М*. Автоматизированные системы и их адаптация. – Новосибирск: Наука, 1978. – 111 с.
6. Марчук Г.И., Аганбегян А.Г., Бобко И.М. и др. Адаптивная АСУ производством (АСУ «Сигма»). – М.: Статистика, 1981. – 176 с.
7. *Эндрю А*. Искусственный интеллект: пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 264 с.
8. *Брукс Ф.Г.* Как проектируются и создаются программные комплексы: пер. с англ. – М.: Наука, 1979.–151с.

АНАЛИЗ ДАННЫХ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ГЛИКЕМИИ

Михальский А.И., Новосельцева Ж.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
ipuran@yandex.ru

Аннотация: Описывается методика поиска значимых для идентификации персонифицированной модели метаболизма глюкозы параметров. Используя методологию корреляционного анализа с учётом чувствительности выхода модели к изменению параметров, выделены три параметра, которые необходимо идентифицировать по данным пациента, зафиксировав остальные параметры на уровне их «популяционных оценок».

Ключевые слова: упрощённая модель метаболизма глюкозы, уменьшение числа параметров, корреляционный анализ, популяционные оценки, персонифицированные модели.

Введение

Математическое моделирование физиологических процессов стало неотъемлемой частью исследования живых систем и вошло в лечебную практику. Например, математические модели используются при разработке инсулиновой помпы, предназначенной для подержания должного уровня глюкозы в крови пациента, страдающего диабетом, путём микроинъекций инсулина. Режим и количество вводимого инсулина определяется состоянием пациента и выбранным режимом работы помпы. Так в простейших устройствах реализуются два режима: болюсные и базисный. В болюсном режиме пациент самостоятельно вводит инсулин после каждого приёма пищи с учётом количества потреблённых углеводов, выраженного в хлебных единицах. В базисном режиме осуществляется автоматическое поступление маленьких доз инсулина в кровоток каждые несколько минут. В конструкцию более сложных современных моделей инсулиновых помп включен контур обратной связи, позволяющий не только контролировать текущий уровень глюкозы, но и прогнозировать его изменение [1,2].

Попытки применения подробных моделей, учитывающих все детали физиологического процесса, сталкиваются с проблемой идентификации параметров модели. Для надёжной идентификации кроме сложных алгоритмов требуются надёжные экспериментальные данные, число которых растёт квадратично с увеличением точности оценки параметров. В результате для идентификации сложных

моделей используются экспериментальные данные, собранные не с одного пациента, а в группе пациентов, различающихся индивидуальными характеристиками и особенностями заболевания, что приводит к идентификации не индивидуальной модели, а к построению обобщённой модели для исследуемой группы – популяционной модели. Применение такой обобщённой модели может оказаться недостаточно эффективным при лечении конкретного пациента.

Таким образом, возникает задача построения более простых моделей, отражающих лишь основные характеристики изучаемого физиологического процесса, но требующие идентификации малого числа параметров, которые можно идентифицировать по данным конкретного пациента. Такая индивидуальная модель лучше, чем популяционная отражает индивидуальные особенности, как пациента, так и заболевания. Будучи встроенной в программную часть инсулиновой помпы, идентификация индивидуальной модели может проводиться динамически по мере накопления данных о пациенте в процессе штатной работы помпы, повышая точность работы модели.

1 Упрощённые математические модели метаболизма глюкозы

Математические модели метаболизма глюкозы с целью управления лечением диабета разрабатывались с самого начала внедрения математических методов в медицину [3-5]. По мере увеличения вычислительных мощностей и развития программных средств моделирования стали возникать математические модели, детально описывающие физиологические изменения в организме при диабете [1 - 5]. В то же время велись и работы по упрощению моделей и уменьшению числа коэффициентов в модели, подлежащих оцениванию, используя метод оценивания главной динамической моды [6]. В результате сложную нелинейную модель метаболизма глюкозы удалось свести к упрощённой квадратичной модели [7], которую, в свою очередь, удалось свести к минимальной модели, описывающей метаболические эффекты влияния внутривенного введения инсулина на уровень глюкозы в крови [8]. При этом исходная модель, включающая 22 состояния и требующая оценки 44 параметров, заменяется моделью с 5 состояниями содержащей 11 параметров.

В настоящей работе предлагается рассматривать чувствительность выхода модели уровня сахара в крови по отношению к изменениям параметров этой модели. Для тех параметров, изменения которых мало влияют на выход модели, можно использовать оценки, построенные по данным большой группы пациентов – популяционные оценки. Значения параметров, сильно влияющих на результат, необходимо оценивать по индивидуальным данным наблюдения за пациентом. В случае, если таких параметров окажется мало, то точность их оценки окажется достаточной даже при небольшом числе наблюдений. Это обстоятельство позволяет строить персонифицированные модели пациентов для дальнейшего использования при их лечении, в частности, для индивидуальной настройки «умной» инсулиновой помпы.

2 Выделение значимых параметров

В основу исследования была положена модель управления гликемией [1] без учета обмена глюкозы между кровью и интерстициальным пространством и влияния экзогенного инсулина. В модели использовались параметров:

p_1 – величина, обратная постоянной времени снижения действия инсулина (1/мин),

p_2 – коэффициент интенсивности влияния концентрации инсулина на его действие(1/(мЕД/л)/мин),

p_3, p_4 – величины, обратные постоянным времени снижения концентрации глюкозы из-за клиринга в инсулиннезависимые и инсулинзависимые ткани соответственно (1/мин),

p_5 – коэффициент интенсивности влияния концентрации глюкагона на концентрацию глюкозы ((мг/дл)/(нг/л)/мин),

a – коэффициент интенсивности влияния пищи на концентрацию глюкозы (б/р),

g_3 – величина, обратная постоянной времени снижения концентрации глюкагона (1/мин),

g_5 – величина, обратная постоянной времени снижения концентрации инсулина (1/мин),

alpha – коэффициент интенсивности влияния снижения концентрации глюкозы относительно заданного уровня на концентрацию глюкагона ((нг/л)/(мг/дл)/мин),

beta – коэффициент интенсивности влияния превышения концентрации глюкозы относительно заданного уровня на концентрацию инсулина ((мЕД/л)/(мг/дл)/мин),

c_3, c_5 – заданные уровни концентрации глюкозы при управлении процессами выработки глюкагона и инсулина соответственно (мг/дл).

Для исследования возможностей упрощения модели рассматривалась реакция концентрации глюкозы в крови здорового человека на подачу трех импульсов питания в моменты t=0; 300; 600 мин длительностью 60 мин с амплитудой $200p_3$. Начальные значения концентраций глюкозы и глюкагона были выбраны соответствующими известным из литературы средним значениям $x_1(0)=100$, $x_3(0)=75$.

Начальные значения концентрации инсулина и его действия приняты равными нулю. В качестве критериев, характеризующих гликемическую кривую, были выбраны амплитуда первого выброса $x_{1\max}$ и длительность периода релаксации t_{relax}, определяемое как длительность интервала между моментами достижения максимума и пересечения уровня x_1=100.

Оценка чувствительности уровня сахара в крови проводилась с помощью корреляционного анализа. Для этого параметры модели независимо возмущались согласно нормальному распределению 100 раз. Математические ожидания параметров равнялись значениям параметров модели здорового человека, взятым из [1], а величины дисперсий подбирались экспериментально из условия получения осмысленного поведения гликемической кривой. Для каждого полученного случайного набора параметров фиксировались рассчитанные по модели значения критериев $x_{1\max}$ и t_{relax}. На основании результатов моделирования рассчитывались значения коэффициентов корреляции.

Характеристики случайных возмущений параметров модели и оценки коэффициентов корреляции для каждого из критериев приведены в табл. 1. Из табл. 1 следует, что коэффициенты корреляции между значениями параметров и критериев для 7 параметров модели либо равны нулю, либо достаточно мало отличаются от нуля. Значимое влияние на изучаемые характеристики гликемической кривой оказывают лишь три параметра:

p_3 – величина, обратная постоянной времени снижения концентрации глюкозы из-за клиринга в инсулиннезависимые ткани (1/мин),

p_5 – коэффициент интенсивности влияния концентрации глюкагона на концентрацию глюкозы ((мг/дл)/(нг/л)/мин),

a – коэффициент интенсивности влияния пищи на концентрацию глюкозы (б/р).

Таблица 1. Оценки коэффициентов корреляции с x_{1max} и t_{relax} при случайном возмущении параметров модели (1)

Параметр	Математическое ожидание	Среднеквадратичное уклонение	Коэффициент корреляции с $x_{1\max}$	Коэффициент корреляции с t_{relax}
p_1	0.075	0.023	0.17	0.0
p_2	1.3E-5	0.4E-5	0.0	0.0
$1/p_3$	45.5	15	-0.90	0.96
p_4	0.1	0.03	0.0	0.0
p_5	0.016	0.005	1.0	0.97
a	1.0	0.3	1.0	0.97
g_3	0.6E-3	0.2E-3	0.0	0.0
g_5	0.42	0.12	0.17	0.17
alpha	3.7E-3	1.2E-3	0.0	0.0
beta	0.105	0.033	0.0	0.0

Именно эти три параметра следует оценивать при построении персонифицированной модели здорового человека, полагая остальные параметры равными их популяционным оценкам. Аналогичный результат был получен и при упрощении модели для пациента, страдающего диабетом первого типа.

Заключение

В работе рассмотрена проблема упрощения математической модели метаболизма глюкозы путём оценки степени чувствительности результата моделирования к изменениям параметров. Показано, что для этой цели можно использовать методологию корреляционного анализа с введением «зоны нечувствительности», что позволяет существенно уменьшить число оцениваемых параметров. В результате, при построении персонифицированной модели либо здорового человека, либо пациента, страдающего диабетом, следует оценивать малое число параметров, сильно влияющих на результат моделирования, полагая остальные параметры равными их популяционным оценкам. Такой подход эффективен в ситуации малого числа наблюдений для конкретного пациента.

Применение описанной методологии во врачебной практике моделирования не только диабета, но и других заболеваний, позволит создавать персонифицированные модели, отражающие индивидуальные свойства пациентов. Такие модели будут эффективны при разработке стратегии лечения, апробировании на модели новых подходов к лечению, настройке медицинского оборудования, в частности носимого, на индивидуальные особенности пациентов.

Литература

1. *Древаль А.В., Шестакова Т.П., Древаль О.А., и др*. Сложная математическая модель регулирования гликемии, включающая данные непрерывного мониторирования гдикемии и предназначенная для оптимизации помповой инсулинотерапии. В сб. «Помповая инсулинотерапия и непрерывное мониторирование гдикемии» (Ред. А.В. Древаль). – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – С.255-265.
2. *Свешникова А.Н., Пантелеев М.А, Древаль А.В., и др.* Теоретическая оценка параметров метаболизма глюкозы на основе данных непрерывного мониторирования гликемии с помощью математического моделирования //.Биофизика. 2017, Т. 62. 2017, № 5. – С.1023-1029.
3. *Древаль А.В., Новосельцев В.Н., Оркина Е.Л.* Сложная математическая модель сахарного диабета в оценке различных механизмов патогенеза гипергликемии и подбора оптимальной помповой инсулинотерапии // Автомат. и телемех. 1982, №11. – С.174-176.
4. *Древаль А.В., Маколкин В.И., Новосельцев В.Н., Оркина Е.Л.* Проверка некоторых гипотез о патогенезе диабета методом математического моделирования // Биофизика. Т. 28. 1983, №5. – С.866-872.
5. *Карпельев В.А., Филиппов Ю.И., Тарасов Ю.В., и др.* Математическое моделирование системы регуляции гликемии у пациентов с сахарным диабетом // Вестник РАМН. Т. 70. 2015; №5. – С.549–560.
6. *Marmarelis V.* Modeling methodology for nonlinear physiological systems // Ann. Biomed. Eng. V.25. 1997. – P.239-251.
7. *Sorensen J. A* physiological model of glucose metabolism in man and its use to design and assess improved insulin therapies for diabetes. Thesis (Sc. D.) – Boston: MIT, 1985. – 556p.
8. *Markakis M.G., Mitsis G.D., Marmarelis V.Z.* Computational study of an augmented minimal model for glycaemia control. Proceedings of the 30-th IEEE EMBS Annual International Conference, Canada, 2008. – P.5445-5448.

ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Никитаев В.Г., Проничев А.Н., Сельчук В.Ю., Нагорнов О.В., Дмитриева В.В., Поляков Е.В.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия, г. Москва, Каширское шоссе д.31

kaf46@mail.ru,

Махутов Н.А.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Россия, г. Москва, Малый Харитоньевский переулок, д.4

kei51@mail.ru,

Богомолов А.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

aibogomolov@fa.ru

Аннотация: Работа, посвящена применению искусственного интеллекта на основе баз знаний, распознавания образов и систем поддержки принятия решений в телемедицинских технологиях для онкологической диагностики. Рассмотрены проблемные вопросы телемедицинских технологий. Показано применение предложенных технологий в области диагностики онкологических заболеваний с использованием телемедицинской сети и комплекса «АТЛАНТ» для диагностики минимальной остаточной болезни.

Ключевые слова: искусственный интеллект, диагностика онкологических заболеваний, телемедицина, минимальная остаточная диагностика.

Введение

Онкологические заболевания ставят перед мировым сообществом серьезнейший круг комплексных проблем, связанных с утратой трудоспособности (полной или частичной) различных слоев населения планеты.

Важное место в решении указанных проблем занимает разработка новых перспективных технологий онкологической диагностики, в частности, основанной на технологиях искусственного интеллекта (базы знаний, распознавание образов, системы поддержки принятия решений).

Цель работы - анализ современного состояния и перспектив применения искусственного интеллекта в телемедицинских технологиях диагностики онкологических заболеваний на примере опыта полученного кафедрой «Компьютерные медицинские системы» при разработке телемедицинской сети РОСАТОМ-ФМБА-МИФИ[1-4].

Телемедицинские технологии в диагностике заболеваний

Приоритетная задача телемедицины заключается в создании условий, при которых помощь высококвалифицированных специалистов станет доступной всем жителям, независимо от расстояния до специализированных медицинских центров[5].

По каналам связи идет обмен разнообразной информацией – текстовой, графической, символьной, числовой, речевой, видеоинформацией. Это выписки из истории болезни, обсуждение диагноза, изображения гистологических, цитологических и гематологических препаратов, рентгеновских снимков, служебная документация и др.

В число основных направлений применения телемедицинских технологий входят:

- телемедицинская консультация;
- телемониторинг функциональных показателей (когда данные одного или многих пациентов передаются в консультативный центр);
- телеобучение (дистанционное обучение);
- телемедицинское совещание (консилиум).

При проведении телемедицинских консультаций тяжелого больного врач может полагаться не только на собственный опыт. Благодаря телемедицинским технологиям врачи и специалисты могут слушать лекции известных ученых по самым актуальным проблемам здравоохранения и медицинской науки, поддерживать профессиональные связи с ведущими мировыми научными центрами, а также со своими коллегами из соседних районных больниц или с ведущими специалистами областного центра. Также появляется возможность использования технологий видеоконференций, позволяющих сторонам живое общение в режиме видео.

Достигнутые успехи в передаче медицинской информации на дальние расстояния стимулировали возникновение целого ряда разделов телемедицины: телепатологии, телехирургии, телекардиологии, телерадиологии и др.

Основные направления развития телемедицины в нашей стране (структура управления, консультативная помощь, интернет-медицина, дистанционное образование, технологические решения, правовые аспекты и др.) нашли отражение в Концепции развития телемедицинских технологий в Российской Федерации. Она была утверждена в 2001 г. Министерством здравоохранения Российской Федерации, Российской академией медицинских наук. В 2017г. был принят Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья»[5]

Проблемы телемедицины (а их много, если учесть масштабность работ, связанных с ее массовым внедрением) можно расклассифицировать на организационные, экономические, правовые, технические, методические, проблемы информационной безопасности.

К техническим проблемам относятся:

- регистрация данных с качеством, достаточным для диагностики: разрешающая способность, чувствительность (характеристики и настройка аппаратуры), контрастная чувствительность;
- обеспечение идентичности воспроизведения данных на передающей и приемной станции (настройка аппаратуры – цветовой тон, контраст, яркость), характеристики аппаратуры (разрешающая способность, формат экрана, контрастные и яркостные характеристики). Большое значение для организации телемедицинской консультации имеют выбор оптимального соотношения качества передаваемого изображения и его формата. При сжатии изображения могут наблюдаться значительные потери его деталей, что сказывается, в первую очередь, на диагностической значимости;
- обеспечение необходимой скорости передачи информации, своевременности доступа к линии связи, надежности связи;
- организация технического сопровождения (настройка аппаратуры, профилактика, ремонт).

В число методических проблем телемедицины входят:

- выбор представительного материала для исследования (достаточного числа изображений информативных полей);
- обеспечение необходимой сопроводительной информации;

- обеспечение однозначно понимаемого языка описаний и заключений (формализация описаний и заключений);
- обеспечение оперативной обратной связи;
- обеспечение стандарта подготовки материала для исследования;
- обучение персонала применению средств телемедицины;
- психологическая адаптация врачей к новой методике.

Правовые проблемы телемедицины. Одним из актуальных является вопрос ответственности за ошибки при проведении дистанционной диагностики. Выражаясь простым языком: кто виноват – медицина, техника? За всем этим стоят люди – врачи, лаборанты, разработчики телемедицинских систем, обслуживающий персонал. Чтобы разобраться в конкретном случае, нужна соответствующая правовая и нормативно-методическая база. Необходимо установить ответственность за распространение ложной медицинской информации в сетях связи и за преднамеренное искажение медицинской информации (например, относящейся к пациенту).

Стратегические задачи телемедицины неразрывно связаны с подготовкой кадров и повышением квалификации разработчиков телемедицинских систем, врачей, медсестер, лаборантов, управленческого и обслуживающего персонала. На решение этих задач направлена деятельность образованной в 2000 г. в МИФИ новой кафедры «Компьютерные медицинские системы». Кафедра готовит специалистов по следующим направлениям: компьютерные системы клинической диагностики, телемедицинские технологии, технологии искусственного интеллекта, автоматизированные системы управления клиникой, обучающие (включая дистанционные) медицинские системы.

Характеризуя в целом состояние работ многочисленных телемедицинских проектов у нас в России и за рубежом (прежде всего в США и Европе), можно сказать, что телемедицина пока делает свои первые, хотя и безусловно важные, шаги.

Современный разработанный с участием НИЯУ МИФИ, ФМБА России, НМИЦ онкологии им. Н.Н.Блохина, Росатома телемедицинский комплекс основан на применении методов и средств компьютерной микроскопии, искусственного интеллекта для решения широкого круга диагностических задач – гистологической, цитологической и гематологической диагностики.

Возможности комплекса позволяют эффективно развивать его для решения задач эндоскопической, рентгенологической, томографической, радиоизотопной, ультразвуковой, кардиологической, иммунологической и других видов диагностик.

Комплекс осуществляет:

- цифровую регистрацию микроскопических изображений микропрепаратов;
- проведение телемедицинских консультаций со специалистами ведущих медицинских центров страны;
- дистанционное управление сканированием препарата при микроскопическом исследовании для выбора информативной области с целью детального анализа структуры ткани специалистами ведущих медицинских центров;
- анализ обзорного изображения микроскопического препарата на мониторе компьютера с мгновенным переключением увеличения информативной области для детального анализа;
- возможность использования экспертных систем и систем поддержки принятия решений;
- интерактивный анализ исследуемого изображения в сравнении с изображениями из архива микроскопических изображений препаратов опухолей;
- анализ текстурных характеристик изображений микроскопического препарата;
- возможность формирования собственных архивов изображений микропрепаратов;
- формирование протоколов микроскопических исследований.

Анализ результатов

Разработанные телемедицинские технологии позволили повысить выявляемость онкологических заболеваний на ранних стадиях в семи медсанчастях ФМБА России на 16%.

Комплекс АТЛАНТ может использоваться как автономно, так и в составе телемедицинской сети для проведения плановых и срочных консультаций (в том числе, во время хирургических операций) с ведущими медицинскими центрами страны.

Обеспечение высококвалифицированной медицинской помощью (в первую очередь диагностической) удаленных от ведущих медицинских центров больных может быть достигнуто за счет создания сети дистанционной медицинской диагностики, которая приведет к существенному снижению числа диагностических ошибок, ускорению постановки правильного диагноза для

пациентов. Ранняя и своевременная диагностика позволит улучшить оперативный контроль над болезнью в том числе и над минимальной остаточной болезнью.

Заключение

Работа посвящена применению искусственного интеллекта в телемедицинских технологиях диагностики онкологических заболеваний. Показан опыт использования телемедицинских технологий. В развитии данного подхода, полученный опыт успешно используется в решении фундаментальной задачи диагностики минимальной остаточной болезни.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-29-09115.

Литература

1. Nikitaev V.G. Experimental High-Technology Information-Measuring Complexes of Cancer Diagnosis: Problems and Key Points of the Construction Methodology. Measurement Techniques. 2015. Vol. 58. №2. P. 214-218.

2. Nikitaev V.G. Expert Systems in Information Measuring Complexes of Oncological Diagnoses. Measurement Techniques. 2015. Vol. 58. № 6. PP. 719-723.

3. Nikitaev V.G. Modern measurement principles in intellectual systems for a histological diagnosis of oncological illnesses. Measurement Techniques. 2015. Vol. 58. №4. PP. 467-470.

4. Nikitaev V.G. Methods and means of diagnostics of oncological diseases on the basis of pattern recognition: Intelligent morphological systems - Problems and solutions. Journal of Physics: Conference Series. 2017. Vol. 798. №1. PP. 012131.

5. Федеральный закон от 29.07.2017 № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья».

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КЛАССИФИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОФИЛЯ ЭКСПРЕССИИ МРНК ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРАКТИКЕ ДИАГНОСТИКИ ПЛОСКОКЛЕТОЧНЫХ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЙ

Попова Г.М.,[1] Степанов В.Н.,[1] Мельникова Н.В.,[2] Антонова И.Б.,[2] Захаренко М.В.,[2] Боженко В.К.[2]

[1] ФГБУ» Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова» РАН, Москва

[2] ФГБУ «Российский Научный Центр Рентгенорадиологии» Минздрава России, Москва

Аннотация: В работе предлагается методика компьютеризации дифференцированной диагностики плоскоклеточных интраэпителиальных поражении на основе нейросетевого классификатора результатов экспрессии мРНК 21 гена в практике молекулярного Пап-теста.

Ключевые слова: патология шейки матки, экспрессия генов, мРНК, амплификация генов, нейросетевая классификация.

Введение

В 2018г. в Российской Федерации рак шейки матки (РШМ) в поздних стадиях (III-IV) диагностирован в 32,6% случаев (2017 г. - 32,4%), что является высоким показателем запущенности [1]. В практике жидкостной цитологии подчеркивается необходимость дополнительной разработки оптимального рефлексного тестирования для пациенток различных возрастных групп [2]. Для изменения тенденции и повышения показателя активного выявления РШМ требуется переосмысление существующей диагностической стратегии и внедрения в клиническую практику достижений молекулярной биологии и компьютеризации диагностики. Поэтому изучение диагностических возможностей молекулярного Пап-теста является актуальной задачей.

В работе на основе мониторинга (сбор, обработка и анализ) данных (жидкостной цитологии, результатов анализа экспрессии мРНК большой группы генов, результатов гистологических исследований операционно-биопсийного материала) строится нейроклассификатор для повышения достоверности диагностики и раннего выявления предраковых процессов и рака шейки матки.

Модуль автоматизированной нейросетевой классификации плоскоклеточных интраэпителиальных поражений с функцией денормализации данных, полученных с детектирующего амплификатора «ДТ Прайм» компании «ДНК Технология»

Ранее в работе [3] показаны возможности построения нейросетевой модели классификации (НМК) плоскоклеточных интраэпителиальных поражений. Обучение НМК проводилось с применением

пакета Statistica Neural Networks. Анализируемые данные представляли собой результаты экспрессии мРНК 21 гена, полученные методом количественной ПЦР с использованием наборов ООО «ДНК-Технология», амплификатор «ДТ Прайм» компании «ДНК Технология» [4]. В качестве экспертных данных для обучения НМК использовались результаты гистологического исследования.

В настоящей работе для компьютеризации процесса дифференцированной диагностики плоскоклеточных интраэпителиальных поражений рассматривается автоматизированный нейросетевой классификатор с денормализованными данными, полученными с детектирующего амплификатора «ДТ Прайм».

Ретроспективно проанализированы результаты обследования 242 пациенток, проходивших лечение в РНЦРР. Во всех случаях выполнен Пап-тест CellPrep (Biodyne Co., LTD, Корея). Категоризация цитологических заключений выполнена согласно классификации Bethesda. В качестве референсного метода было выполнено гистологическое исследование операционного/биопсийного материала. При этом все пациентки были разделены на две клинически значимые группы: LSIL или доброкачественные изменения - (а) и HSIL+ - (б).

Во всех случаях определяли уровень экспрессии мРНК 21 гена (Ki-67, STK-15, CCNB1, CCND1, MYC, MYBL2, P16INK4A, PTEN, BIRC5, BCL2, BAG1, TERT, NDRG1, ESR1, PGR, HER2, GRB7, MGB1, MMP11, CTSL2, CD68) и трех генов-хаускипингов (GUSB, HPRT1, B2M) методом количественной ПЦР с использованием наборов ООО «ДНК-Технология» в материале консервирующей жидкости флакона после Пап-теста CellPrep [5].

Детектирующий амплификатор «ДТ Прайм» проводит нормализацию выходных данных, причем независимо для каждого гена. Это делает невозможным применение нейронных сетей для идентификации и классификации новых данных с этого прибора, так как соотношения значений генов могут меняться. Прибор «ДТ Прайм» накапливает результаты амплификации 21 гена по двум пробам (например, для каждого гена X_1 и X_2). Если полученное значение находится ниже порога детектирования, оно не выводится. Результирующее значение амплификации каждого гена вычисляется следующим образом: сначала вычисляется среднее значение двух проб:

$$X_C = \frac{X_1 + X_2}{2}$$

Затем вычисляется промежуточное значение X_A нормированное по генам хаускипингам коэффициентом N:

$$X_A = \frac{2^{\min(X_C) - X_C}}{N},$$

где коэффициент N представляет собой среднее геометрическое:

$$N = \sqrt[3]{B_1 * B_2 * B_3},$$

где

$$B_n = 2^{\min(X_C) - X_C}$$

Для генов хаускипингов соответственно B2M, HPRT1 и GUSB. Далее, финальное значение амплификации каждого гена вычисляется так:

$$X = \frac{X_A}{\min(X_A)}$$

Поскольку значение генов хаускипингов в наборе данных не представлено, обратно рассчитать исходные значения не представляется возможным.

Амплификатор накапливает данные и каждый раз проводит нормализацию, в том числе и старых данных. Это позволяет вычислить коэффициенты нормализации и провести денормализацию новых данных, для приведения их к форме, пригодной к классификации в ранее обученной нейронной сети. Нормализация выполняется по следующей формуле:

$$X_i^{'} = X_i * k,$$

где X_i – исходное значение гена, $X_i^{'}$ – нормализованное, k -линейный коэффициент, который вычисляется следующим образом:

$$k = \frac{1}{\min(X_1 \ldots X_i \ldots X_n)}; \quad X_i \neq 0$$

Поскольку значения X_i (до нормализации) не известны, для нахождения коэффициента k можно использовать данные, по которым проводилось обучение сети:

$$k = \frac{X_i^{'}}{X_i}$$

Коэффициенты вычисляются отдельно для каждого гена. После процедуры денормализации, соотношения величин генов приводятся к виду удобному для обучения нейронной сети, и при этом новые данные также становятся пригодными для идентификации и классификации нейросетевым методом.

Таким образом, для автоматизации процесса идентификации и классификации результатов экспрессии мРНК 21гена была сформирована и обучена нейронная сеть из 242 наблюдений с 21 входом для ввода независимых переменных (генов) и одним выходом, классифицирующим состояния пациентов а или б.

242 наблюдения с денормализованными результатами анализов экспрессии мРНК 21-генной панели подлежали анализу как при обучении, так и при контроле и тестировании системы. Критерием достоверности служили результаты сопоставления компьютерных оценок правильности разделения наблюдений на группы а и б с результатами гистологического исследования (т.е. с оценкой эксперта).

Для выбора варианта архитектуры сети использовался анализ автоматических нейронных сетей из пакета Statistica 10, позволивший:

- выбрать из множества разных типов нейронных сетей лучшую сеть и архитектуру модели для классификации наблюдений со 100% производительностью (долей правильно классифицированных наблюдений) на обучающей и контрольной выборках.
- получить графическое изображение схемы, сконструированной НС; матрицы классификации обучающей, контрольной, тестовой выборок и других новых выборок, с дифференцированным счетом правильно, неправильно и неоднозначно определенных наблюдений.

Обучение проводилось в режиме с кросс-проверкой на контрольном множестве наблюдений для оценки ошибки и тестового множества для сравнения альтернативных моделей, т.е. для независимого контроля качества сети со средней ошибкой, равной принятому в медицине значению $p_{теор} = 0{,}05$

В результате анализа 1500 разных нейронных сетей были выбраны 2 лучших модели трёхслойного персептрона с одинаковой архитектурой: 1. MLP 21-6-2 и 3. MLP 21-6-2 с 100% производительностью на обучающей [83**а**; 74**б**] и контрольной [30**а**; 13**б**] выборках; с одинаковой функцией активации скрытого слоя – Логистическая (её график имеет форму S-образной кривой, при этом выходные значения лежат в интервале (0, 1), что очень удобно); с одинаковой функцией активации выходного слоя – Софтмакс. Для обучения этих сетей был использован один и тот же алгоритм: BFGS (который разработали Бройден-Флетчер-Гольдфарб-Шанно) с функцией ошибок сумма квадратов, но оптимальное решение было найдено за разное количество обучающих эпох: 27 и 21 соответственно. Тестовые выборки [30**а**; 12**б**] двух нейронных сетей содержали по одной, причем идентичной ошибке (ошибочная интерпретация категории а как категория б), не совпадающей с оценками эксперта.

Для выбора рабочей модели был проведен анализ на способность этих моделей к обобщению, исходя из результатов жидкостной цитологии (данных мониторинга), выбрано 21 наблюдение, из которых 18 наблюдений совпали с результатами цитологического исследования, 3 результата не совпали. Оставили две модели для дальнейших исследований.

Если результаты нейронной сети не совпадают с результатами жидкостной цитологии и/или гистологии - данный пациент должен оставаться под динамическим наблюдением в мониторинге.

Разработанный модуль автоматизированной нейросетевой классификации плоскоклеточных интраэпителиальных поражений с функцией денормализации данных, получаемых с детектирующего амплификатора «ДТ Прайм», позволяет, для большей диагностической точности, использовать две разные нейронные сети, причем, объемы сетей могут пополняться новыми достоверными наблюдениями.

Заключение

Таким образом, разработанный модуль - автоматизированный нейросетевой классификатор, используемый в практике молекулярно-биологической диагностики предраковых заболеваний шейки матки по материалу Пап-теста CellPrep, позволяет с высокой точностью дифференцировать плоскоклеточные интраэпителиальные поражения, что должно учитываться при разработке национальной программы скрининга рака шейки матки.

Литература

1. *Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой* Состояние онкологической помощи населению России в 2018 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. илл. - 236 с. ISBN 978-5-85502-250-6
2. *Мельникова Н.М., Яровая Н.Ю., Болотина Н.А., Антонова И.Б.* Диагностические возможности Пап-теста у женщин в постменопаузе. // Новости клинической цитологии России.2017. Т.21. №3-4. С. 15-17.
3. *Попова Г.М., Степанов В.Н., Мельникова Н.В., Антонова И.Б., Боженко В.К.* Нейросетевая модель классификации плоскоклеточных интраэпителиальных поражений в практике молекулярного Пап-теста // 4.Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2018. Т. 17 № 4. С. 964-971.
https://www.dna-technology.ru/sites/default/files/dtpraym_v11.pdf
5. *Мельникова Н.В., Боженко В.К., Антонова И.Б., Бабаева Н.А., Яровая Н.Ю., Болотина Н.А., Захаренко М.В., Сенчукова А.Л., Акопова Н.Б., Александрова Н.В., Бурменская О.В., Ашрафян Л.А.* Цервикальные интраэпителиальные неоплазии: анализ профиля мРНК в практике жидкостной цитологии. Акушерство и гинекология, 2017.-N 4.-С.95-100. DOI: 10.18565/aig.2017.4.95-100

ВЫЯВЛЕНИЕ ОБЩИХ ПАТТЕРНОВ ВЗГЛЯДА ПРИ ПОМОЩИ РАЗРАБОТАННОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПУТИ ВЗГЛЯДА ЧЕЛОВЕКА

Розалиев В. Л., Орлова Ю. А., Поликарпова А. И.

Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ),
Россия, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28
vladimir.rozaliev@gmail.com, yulia.orlova@gmail.com, policarpova97@mail.ru

В данной работе поднимается гипотеза о том, можно ли систематизировать перемещение взгляда человека и выделить из него общие паттерны взгляда. Для этого разработана программа для отслеживания и фиксации пути взгляда человека и проведены эксперименты по поиску общих паттернов.

Ключевые слова: айтрекер, общий паттерн, анализ движения взгляда, путь взгляда, LCS.

Введение

Зрение и зрительная система начала интересовать ученых уже давно. В 1879 году Эмиль Жаваль обнаружил, что при чтении наши глаза не двигается монотонно, а на самом деле совершают резкие перемещения, с короткими остановками между ними. Это наблюдение дало начало развитию исследований в области окулографии (отслеживания глаз). В основном это применялось в теории чтения. Но на самом деле исследование движения нашего взгляда позволит объективно измерить и проанализировать визуальное поведение человека в частности, и людей в целом.

Проведя некоторые исследования в области окулографии, Альфред Ярбус обнаружил, что задача, которая стояла перед испытуемым, участвующим в эксперименте с айтрекером, имеет огромное влияние на результат эксперимента [1]. Ярбус пришел к выводу о том, что по сути наше визуальное поведение практически не зависит от контекста визуальной сцены, но в большей степени зависит от информации, которую мы рассчитываем получить при сканировании сцены [1], т.е. по движению взгляда можно понять, как люди анализируют и решают некоторую задачу [2].

Во 80-ых годах Джаст и Карпентер [3] опираясь на данные, полученные учеными в этой области до них, в итоге сформулировали гипотезу, которая говорит о взаимосвязи визуальной системы человека и его сознания. Наблюдение и анализ визуального поведения позволит получить представление о когнитивных процессах, в общем смысле, лежащих в основе человеческого поведения.

1 Обзор существующих аналогов

Существует множество программ, связанных с айтрекингом. Но из всего их многообразия были найдены две, наиболее близкие к анализу пути взгляда и выделению из них общих паттернов: EyePatterns [4] и eMine [5]. В таблице 1 представлены результаты сравнения аналогов.

Таблица 1. Сравнение аналогов по выделенным критериям

	EyePatterns	**eMine**
Возможность проведения эксперимента на изображениях с записью данных с айтрекера	Такой возможности не предусмотрено	Только на web-страницах
Возможность просматривать результаты записи данных с айтреке-	Такой возможности не предусмотрено	Такой возможности не предусмотрено

	EyePatterns	**eMine**
ра		
Возможность выделения AOI на изображениях	Можно выделить отдельные группы AOI с индивидуальным именем, перечислив какие символы в него входят	Выделение отдельных областей на web-странице
Возможность выделения общего паттерна из собранных путей взгляда	Только поиск общего паттерна сразу из строк, введенных пользователем	Выделяет общий паттерн из множества путей взгляда, переводя их в строки

По результатам анализа прототипов по ранее выделенным критериям, видно, что уже существующие программы не обладают в полной мере тем функционалом, необходимым для отслеживания и фиксации взгляда, с последующим его анализом на предмет наличия в записанных путях взгляда закономерностей. Это подтверждает необходимость в создании такой программы, которая будет удовлетворять всем критериям, выбранным для этого анализа.

2 Основные алгоритмы

Сбор данных с айтрекера представляет собой некоторое количество проведенных сеансов, где группа из N человек должна посмотреть на ряд изображений. Движения их взгляда при этом будет фиксироваться при помощи айтрекера и данные передвижения о взгляде человека в течение сеанса должно быть сохранено отдельно для его дальнейшего анализа. Данные о передвижении содержат в себе последовательность координат точек (в пикселях) – траекторию движения взгляда.

Перевод данных с айтрекера в строки состоит в том, чтобы выделить часть пути взгляда, попадающего в область выделенного объекта. Затем на область «накладывается» сетка, каждая ячейка которой обозначается заглавной буквой английского алфавита (максимум может быть сетка 5x5). Каждой точке выделенной последовательности назначает символ той ячейки, в которую эта точка попала. Две и более точек, идущих друг за другом и попавших в одну секцию, сливаются. Так последовательность в виде строки будет выглядеть не «AAAAAAAAHHHGDDDDKKSSLLL», а «AHGDKSL». Это необходимо для уменьшения количества занимаемой памяти, а также для упрощения последующего анализа. На выходе алгоритм выдает общие паттерны перемещения взгляда (все последовательности точек, расположенные слишком близко друг к другу сливаются в одну) для каждого объекта, выделенного на изображении. Однако, могут быть случаи, когда на какой-то объект все испытуемые смотрели без определенного шаблона. В таком случае на выходе появляется сообщение о том, что паттерн не был выявлен. Так же в этой работе подробно описывается, что общий паттерн наиболее целесообразно выделять и представлять, как наибольшую общую последовательность (LCS), что позволяет далее находить уже известные паттерны. Даже в таких случаях, когда есть известный общий паттерн ABC, то он найдется даже в такой строке как ABDCFGA, т.е. даже несмотря на то, что между символами B и C стоит D.

3 Проведенные эксперименты

3.1 Эксперимент первый

Первый эксперимент состоял в том, что испытуемым показывались изображения один за другим в течении 8 секунд каждое. Перед ними стояла задача рассматривать данные изображения. В сумме было 10 изображений со схожей визуальной сценой – кувшин и фрукты, преимущественно яблоки груши. Испытуемые ранее не видели этих изображений и так же им не говорилось, что будет изображено на них. В эксперименте участвовало шестеро испытуемых: четверо молодых людей и двое девушек в возрасте от 19 до 21 года. Каждый испытуемый, во время эксперимента, сидел в комнате один (не считая самих экспериментаторов) и в тишине. Ожидаемыми результатами в этом эксперименте являются найденные общие паттерны для классов объектов «Pear» и «Apple».

На множестве полученных сессий программа не смогла выявить какие-либо зависимости (общие паттерны взгляда) в записанных путях взгляда для классов объектов «Pear» (Груша) и «Apple» (Яблоко). После получения результатов, я пришла к тому, что, во-первых, довольно трудно поставить задачу перед испытуемым так, чтобы можно было добиться от него рассматривания изображения (некоторые испытуемые считали, что будет какой-то подвох, так как не знали, какие именно будут изображения). А во-вторых, возможно изображения были слишком сложные за счет того, что на визуальной сцене было слишком много простых объектов из-за чего взгляд человека метался от объекта к объекту (как в эксперименте Альфреда Ярбуса [1]).

3.2 Эксперимент второй

Второй эксперимент состоял в том, что испытуемым показывались изображения один за другим в течении 8 секунд каждое. Перед ними стояла следующая задача: надо рассматривать изображения, но если вдруг испытуемому покажется, что какое-то изображение ранее уже появлялось, то ему надо было сказать о том, что изображение уже было показано ранее. В общей сумме в эксперименте было 18 изображений. Из них 12 было уникальных: 4 изображения с грушей, 4 изображения с яблоком и 4 изображения с лимоном. Испытуемые ранее не видели этих изображений. В эксперименте участвовало шестеро испытуемых: молодые люди в возрасте от 19 до 21 года. Каждый испытуемый, во время эксперимента, сидел в комнате один (не считая самих экспериментаторов) и в тишине. Ожидаемыми результатами в этом эксперименте являются найденные общие паттерны для классов объектов «Pear», «Apple» и «Lemon».

На множестве полученных сессий программа смогла выявить почти все зависимости (общие паттерны взгляда) в записанных путях взгляда для классов объектов «Pear», «Apple» и «Lemon». Были найдены общие паттерны для двух классов объектов из трех. Для класса «Apple» был выявлен паттерн на самой маленькой сетке (2 строки на 2 столбца) и при этом, он состоит из одного символа «A». Это означает, что почти все испытуемые были заинтересованы верхним левым углом яблок – испытуемых привлекал блик на кожуре яблока.

3.3 Эксперимент третий

Третий эксперимент - это повторное прохождение второго эксперимента. Перед испытуемыми стояла та же задача, что и во втором эксперименте, описанным выше. В эксперименте участвовали те же испытуемые и в том же количестве, что и во втором эксперименте: шестеро испытуемых (молодые люди в возрасте от 19 до 21 года). Каждый испытуемый, во время эксперимента, сидел в комнате один (не считая самих экспериментаторов) и в тишине. Данные эксперимент проводится с целью узнать будут ли заново выявленные индивидуальные паттерны путей взгляда испытуемых спустя недельный промежуток будут повторяться с их индивидуальными паттернами, полученными во время второго эксперимента. После повторного проведения второго эксперимента спустя неделю, анализ полученных данных так же выявил общие паттерны как среди всех испытуемых, так и для каждого из них (индивидуальный общий паттерн). Как видно из представленных рисунков, вновь найденные общие паттерны взгляда значительно отличаются от тех, что были найдены во втором эксперименте. Скорее всего, это можно объяснить тем, что спустя время информация о просмотренных изображениях забывается, в том числе и стратегия сканирования визуальной сцены, и при повторном прохождении того же эксперимента испытуемые руководствовались уже другими общими паттернами.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ и администрации Волгоградской области (гранты 18-07-00220, 18-47-342002, 19-07-00020).

Литература

1. Ярбус, А.Л. Роль движения глаз в процессе зрения – Москва : Наука, 1965. – 166 с.

2. Snodderly, D.M., Kagan I., Gur M. Selective Activation of Visual Cortex Neurons by Fixational Eye Movements: Implications for Neural Coding // Visual Neuroscience. Vol. 18. 2001, № 2. – P. 259-277.

3. Deubel H., Schneider W.X. Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism // Vision Research. Vol. 36. 1996, № 12. – P. 1827-1837.

4. West J.M., Haake A., Rozanski E.P., Karn K.S. EyePatterns: Software for Identifying Patterns and Similarities Across Fixation Sequences // ETRA '06 Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applications, March 27–29, 2006 / ACM. – 2006. – P. 149–154.

5. *Eraslan S., Yesilada Y.* Patterns in eyetracking scanpaths and the affecting factors / Journal of Web Engineering. Vol. 14. 2015, №5-6. – P. 363-385.

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МИКРОБИОМА ЧЕЛОВЕКА

Симонова А.В.
ГБУЗ МО МОНИКИ имени М.Ф. Владимирского,
Россия, г. Москва, ул. Щепкина, д. 61/2
medlabnews@mail.ru,
Пчелякова В.В.
ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Россия,
г. Москва, ул. Делегатская, д.20, стр.1
mos.pchela@mail.ru,
Степанов В.С.
Многопрофильный медицинский холдинг «СМ-Клиника», Россия,
г. Москва, ул. Ярославская д. 4, корп. 2
stepanovvs1@yandex.ru

Аннотация: в работе рассматривается взаимосвязь микробиома кишечника с различными заболеваниями (на примере хронического фарингита и хронического простатита). Доказывается актуальность и новизна применения метода масс-спектрометрии микробных маркеров для изучения микробного состава биообразца как инструмента для персонифицированного лечения пациентов. Выявляется и обосновывается необходимость создания рекомендательной системы при лечении пациентов с хроническим фарингитом и хроническим простатитом.

Ключевые слова: микробиота, метод масс-спектрометрии микробных маркеров, хронический фарингит, хронический простатит, лабораторный индекс, клинический индекс.

Введение

Актуальность данной работы заключается в том, что в ней рассматривается взаимосвязь сообщества микроорганизмов, заселяющих кишечник человека, с различными заболеваниями (на примере хронического фарингита и хронического простатита). Недавно проведенные исследования установили связь между изменениями микробиома и некоторыми из наиболее распространенных заболеваний, включая ожирение, аллергию, диабет, дисфункцию кишечника и даже такие психические заболевания, как аутизм, шизофрения и депрессия. Кроме того, микробиом человеческого организма очень сильно влияет на образ жизни человека и даже на образ его мысли и восприятие. Таким образом, стратегически важной задачей для врача является лечение индивидуального больного на основе слежения за его индивидуальными иммунологическими, эндокринологическими, сосудистыми особенностями с учетом непрерывно приобретаемых с возрастом хронических заболеваний различной этиологии.

1 Метод масс-спектрометрии микробных маркеров в диагностике и лечении заболеваний

В настоящей работе впервые при ХФ и ХП рецидивирующего течения применили новый метод диагностики –масс-спектрометрию микробных маркеров (МСММ). МСММ представляет собой химическую процедуру прямого извлечения высших жирных кислот из подлежащих исследованию образца (мазок из зева, секрет простаты), их разделение на газовом хроматографе в капиллярной колонке высокого разрешения и анализ состава в динамическом режиме на масс-спектрометре. Технология позволяет определять по уровню микробных маркеров - концентрацию 57 микроорганизмов (105 клеток/грамм) в клиническом материале через три часа после его поступления в лабораторию. По содержанию маркеров далее, с помощью математических методов производится пересчет их уровня на количество микробных клеток на грамм биоматериала.

По результатам проведенного исследования выдается заключение в виде таблицы, включающей следующие показатели: общее содержание микроорганизмов, суммарный уровень токсинов, содержание полезного вещества - плазмологена, наличие (или отсутствие) 57 микроорганизмов и их концентрация. Проводится сравнение показателя пациента с нормативными значениями (повышение значения более чем в 2 раза считается значимым отклонением от нормы).

2 Методология создания рекомендательной системы при лечении пациентов с хроническим фарингитом и хроническим простатитом

Необходимость разработки методологии рекомендательной системы при лечении пациентов с хроническим фарингитом и хроническим простатитом на основании лабораторных данных МСММ

является стратегической задачей для клиницистов и математиков. Взаимодействие врачей и ученых-математиков привело к разработке системы баллового шкалирования симптомов заболевания. Она имеет форму таблицы с перечнем значимых признаков при конкретном заболевании. В нее целесообразно включить также систему показателей, которая позволит оценить степень тяжести заболевания не только с клинической точки зрения, но и с учетом объективных лабораторных показателей.

Ниже приведен фрагмент таблицы шкалирования симптомов при ХП (таблица 1). Согласно данным таблицы, у здоровых пациентов суммарный балл должен быть равен нулю. У пациентов с признаками ХП – от 1 до 51 балла.

Таблица 1. Клинические симптомы при ХП

Клинические симптомы	Легкая форма	Средняя тяжесть	Тяжелое течение
1. Мочевой признак			
1) NIH-CPSI > 4	Незначительно выраженные симптомы (0-9), 1 балл	Средне выраженные симптомы (10-18) , 2 балла	Тяжелые симптомы (19-31) , 3 балла
2) затрудненное мочеиспускание по урофлоуметрии	от 12 до 15 мл в сек	от 8 до 11 мл в сек	менее 8
3) частое мочеиспускание	от 6 до 8 -х раз : 1 балл	от 9 до 11 раз : 2 балла	более 12 раз : 3 балла
2. Психосоциальный признак			
4) депрессия	яркая выраженность 2-3 симптомов: 1 балл	проявление 4 симптомов и более: 2 балла	без психотических признаков, зачастую наличие суицидальных мыслей: 3 балла
5) признаки неадекватного поведения	упрямство, негативизм: 1 балл	девиантное поведение: 2 балла	делинквентное поведение: 3 балла
6) тревога / стресс	повышенная тревожность: 1 балл	стадия сопротивления (резистентности): 2 балла	стадия истощения: 3 балла
3. Неврологический / системный признак			
7) боль в паху	Редкая, 2-3 раза в месяц: 1 балл	Периодическая, 2-3 раза в неделю: 2 балла	Постоянная, ежедневно: 3 балла
8) боль за пределами малого таза (бедро, повздошная область)	Редкая, 2-3 раза в месяц: 1 балл	Периодическая, 2-3 раза в неделю: 2 балла	Постоянная, ежедневно: 3 балла
9) синдром раздраженной толстой кишки	Минимальная выраженность абдоминальной боли: 1 балл	Умеренная выраженность абдоминальной боли: 2 балла	Высокая выраженность абдоминальной боли :3 балла
10) фибромиалгия	Слабая боль:1 балл	Умеренная боль: 2 балла	Сильная боль: 3 балла
11) синдром хронической усталости	Снижение работоспособности на 50%:1 балл	Снижение работоспособности на 51-70% : 2 балла	Снижение работоспособности более, чем на 71% :3 балла
4. Скелетно-мышечный признак			
12) боль в триггерных точках живота и тазового дна	Редкая, 2-3 раза в месяц: 1 балл	Периодическая, 2-3 раза в неделю: 2 балла	Постоянная, ежедневно: 3 балла

Первый клинический симптом NIH-CPSI представляет собой тест для оценки жалоб при патологии предстательной железы, качества жизни пациента и его отношения к существующей проблеме, разработанный национальным институтом здоровья США. Врач после ознакомления с результатами теста может предположить, в какой стадии находится простатит и назначить препараты. Суммарное значение при тестировании >4 говорит о высокой доле вероятности наличия у пациента простатита.

Симптом затрудненного мочеиспускания по урофлоуметрии выявляется при проведении аппаратного исследования – измерения объемной скорости потока мочи во время акта мочеиспускания. Далее, полученные результаты интерпретируются по степени тяжести.

Частое мочеиспускание также связано с хроническим простатитом, так как предстательная железа расположена под мочевым пузырем и окружает уретру. При простатите происходит воспаление

органа, его увеличение. Простата сдавливает мочевыводящий канал, затрудняя выведение мочи. Воспалительный процесс вызывает раздражение рецепторов, что провоцирует учащенное мочеиспускание. Стенки мочевого пузыря воспаляются, и попадание на них даже небольшого количества мочи дает сигнал к опорожнению. Порции выделяющейся мочи мелкие, иногда по 30-40 мл.

Хроническое воспаление предстательной железы как органа, чрезвычайно обильно снабженного нервно-рецепторными элементами и взаимодействующих с соседними органами, не может в той или иной степени не отразиться на функции этих органов. Предстательная железа по рефлекторным дугам так же оказывает влияние на нервно-психическое состояние человека, вызывая повышенную тревожность, нервозность, раздражение, гнев, неадекватное поведение, депрессию.

Раздражение нервных рецепторов зачатую приводит к появлению болей различной локализации. При воспалении предстательной железы боль не редко носит иррадиирущий характер, распространяется на другие органы. Поэтому наблюдаются болевые ощущения, локализованные в области поясницы, живота, промежности, мошонки. Такой обширный болевой синдром объясняется реакцией нервных окончаний, при этом сама по себе простата не болит. Обширный болевой синдром может свидетельствовать о распространении воспаления по всей мочеполовой системе больного. При диагностике врачи должны дифференцировать боли при простатите у мужчин от других болей. Так как их провоцировать могут заболевания прямой кишки, онкологические поражения органов малого таза и т. д.

Воспаление предстательной железы провоцирует воспаление, нарушения кровоснабжения и моторики прямой кишки, в том числе синдром раздраженной толстой кишки. Данный синдром представляет собой совокупность функциональных расстройств, проявляющаяся болью и/или дискомфортом в животе, которые проходят после дефекации, сопровождаются изменением частоты и консистенции стула и сочетаются не менее чем с двумя стойкими симптомами нарушения функций кишечника: изменениями частоты стула, изменениями самого акта дефекации, изменениями консистенции кала, выделением слизи с калом.

Наличие простатита у пациента может быть связано с синдромом раздраженной толстой кишки. Анатомически предстательная железа расположена в непосредственной близости с прямой кишкой и влияет на ее функционирование.

Еще одним из симптомов характерных для синдрома хронической тазовой боли является наличие фибромиалгии- заболевания, при котором человеку свойственно ощущение мышечно-скелетного недомогания, проявляющееся в виде усталости и скованности движений. Болезнь характеризуется отсутствием воспалительных процессов и не влияет на повреждение внутренних органов человека. Недомогание свойственно людям, которые подвержены заболеваниям психологического характера.

Синдром хронической усталости также связан с хроническим простатитом и характеризуется постоянным чувством сильной усталости, болями в мышцах, лихорадочным состоянием, сонливостью и депрессией, которые длятся месяцами, а иногда и годами. Работоспособность у людей снижена вдвое. При этом они не страдают ни психическим заболеванием, ни инфекционным, не имеют гормональных нарушений, не злоупотребляют лекарствами, и отсутствует воздействие токсических веществ на их организм.

Боль в триггерных точках живота и тазового дна, в отличие от перечисленных выше симптомов, носит миофасциальный характер, так как связан с постоянным сокращением (гипертонусом) мышц тазового дна. Спазм мышцы приводит к возникновению болевого синдрома.

По аналогии с клиническими симптомами необходимо также описать совокупность лабораторных симптомов и признаков. К наиболее важным относятся: повышенный объем остаточной мочи, увеличение простаты по ТРУЗИ, лейкоциты в секрете простаты, кальцификаты в предстательной железе, гемоспермия (кровь в сперме), а также данные МСММ.

При ХФ (в отличие от симптомов ХП) лабораторные и клинические симптомы объединены в единую таблицу и содержат следующие симптомы:

- боли в горле, першение, сухость или слизь по задней стенке;
- сочетание с хроническим тонзиллитом;
- сочетание с гайморитом (синуситом);
- сочетание с герпес-вирусной инфекцией (лабиальной формой герпес-вирусной инфекции);
- частота ОРВИ при ХФ;
- лимфаденопатия шейных лимфоузлов;
- сочетание с заболеваниями нижних дыхательных путей (трахеиты, бронхиты, пневмонии), щитовидной железы, сердца, суставов, головные боли (мигрени).

Степень тяжести вышеперечисленных симптомов обусловлена длительностью заболевания, частотой обострений, формой клинических проявлений.

Заключение

Предложенная методология создания рекомендательной системы на основе баллового шкалирования симптомов заболевания позволяет отобрать из часто неоправданно огромного количества различных лабораторных и инструментальных показателей только те немногие, которые отличаются реальной информативностью, – это позволяет сократить на 80–90% бесполезные, ненужные, а иногда и мучительные для больного исследования.

Создание лабораторных и клинических индексов тяжести позволит любому врач независимо от его квалификации, опыта работы и других данных объективно оценить состояние пациента, наметить верный путь индивидуального лечения, вовремя обнаружить осложнения и добиться в конечном итоге полного излечения больного.

Также, неоспоримым преимуществом данной рекомендательной системы является возможность реализации персонифицированного подхода к каждому пациенту.

Литература

1. Адеишвили П.С., Полеско И.В., Осипов Г.А. и др. Исследование микробиоценоза ротоглотки методом масс-спектрометрии микробных маркеров у детей с инфекционным мононуклеозом // Детские инфекции. 2012, № 1. – С.12-16.

2. *Симонова А.В., Пчелякова В.В., Гострый А.В. и др.* Клинико-диагностическое значение метода масс-спектрометрии микробных маркеров при рецидивирующем течении хронического фарингита // Лечащий врач. 2018, № 7.- С.58-62.

3. *Каркач А.С., Романюха А.А.* Современные подходы к анализу и прогнозированию здоровья населения с помощью математических моделей // Врач и информационные технологии. 2014, № 1. – С. 38-47.

4. *Марчук Г.И.* Избранные труды: в 5 т. // Российская академия наук, Институт вычислительной математики. – М.: РАН, 2018, 650 с.

5. *Попков В.М. К*линико-диагностическое значение изменений толстой кишки при хроническом простатите // Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2010, Vol. 6, № 2. – С.453-457.

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Себякин А.С., Золотарюк А.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Россия, г. Москва, Ленинградский пр., д.49
sebyakin.a@ya.ru, azolotaryuk@fa.ru

Аннотация: В статье исследуется проблема распознавания эмоционального состояния человека по лицевым экспрессиям на статичном изображении. Представляется высокоточный, производительный авторский метод, позволяющий использовать его при экстремальных параметрах освещения, низком качестве изображения, частичных окклюзиях, при обработке больших массивов видео в реальном времени.

Ключевые слова: эмоции, распознавание эмоционального состояния, метод распознавания эмоций, нейронные сети, тренировка нейронной сети, ключевые точки лица, датасеты.

1 Актуальность

Эмоциональное состояние человека играет важную роль во многих сферах деятельности – при управлении критической инфраструктурой, в ходе медицинских операций, в различных областях бизнеса, при ведении военных действий, в процессах противодействия терроризму, в сфере обслуживания и т.п. Поэтому крайне важно отслеживать и контролировать данное состояние.

В банковской сфере данная технология может использоваться для оценивания адекватности и приветливости поведения сотрудников банка по отношению к клиентам, отслеживания общего настроения в коллективе, в скоринге персонала, для детекции конфликтов внутри коллектива или между сотрудником банка и клиентом, для определения степени удовлетворенности клиента.

Результаты рассмотренной работы, на взгляд авторов, обеспечат автоматизацию описываемых процессов, что делает проведенные исследования актуальными.

2 Решение

В настоящее время описано несколько моделей формы и особенностей человеческих лиц и признаков их классификации [1 - 10].

В данной статье предлагается использовать оригинальный подход к распознаванию эмоций по данному изображению на основе глубокой сверточной нейросети в качестве классификатора.

Процесс тренировки нейронной сети состоит из четырех стадий:

- детекция лица на изображении, его локализация;
- аугментация изображения лица;
- нормализация изображения;
- обработка изображения нейросетью и обратное распространение ошибки.

Рассмотрим указанные стадии более подробно.

Детекция и локализация лица выполнялась с помощью алгоритма FaceBoxes, но может быть выполнена любым другим доступным методом, таким как YOLO, SSD, Haar Cascade, HOG+SVM и т.п.

Аугментация изображения лица подразумевает изменения в изображении, такие как добавление шума, повороты, отзеркаливание, изменение яркости и контраста, блюр. При использовании нейросети после тренировки аугментация не производится. Использование аугментаций позволяет добиться значительного увеличения точности в условиях экстремального освещения, частичных окклюзиях и общего низкого качества входного изображения.

Нормализация изображения представляет собой деление значений каждого пикселя на 255, переводя их в интервал [0, 1].

Обработка изображения нейросетью и обратное распространение ошибки выполнялось на видеокарте nvidia geforce gtx 1080 с помощью фреймворка pytorch.

Для тренировки нейросети был использован оптимизатор Adam с начальной скоростью обучения 2e-4. Далее скорость обучения уменьшалась в 2 раза после 10 эпох без увеличения точности на валидации. Размерность входного тензора – (32, 256, 256). Функция потерь: Cross Entropy с Softmax[111].

Обучение нейросети выполнялось на датасете AffectNet, включающем один миллион изображений с лицами, собранными из интернета с помощью поисковых систем по 1250 ключевым словам на шести языках. Вручную размечены 420 тысяч изображений с указанием базовых эмоций (злоба, отвращение, страх, радость, грусть, удивление, без эмоций) и значений валентности и возбужденности.

В качестве базовой архитектуры нейросети была выбрана архитектура ResNet по причине ее высокой точности в задачах классификации, широкого распространения, обилия оптимизаций на уровне фреймворка и низкоуровневых оптимизаций на видеокарте (cuDNN).

3 Критерии оценки

Для оценки качества предсказаний нейросети использовались метрики top-1 accuracy, top-3 accuracy. Их графики изображены на рис. 1.

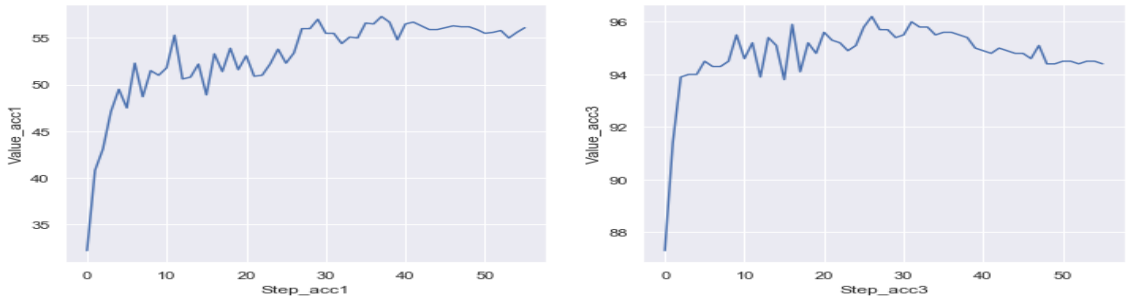


Рис. 1. Графики top-1 accuracy (слева), top-3 accuracy (справа). По оси x – количество пройденных эпох (полных итераций по датасету)

[111] *Википедия.URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cross_entropy (дата обращения: 24.06.2019); URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Softmax_function (дата обращения: 24.06.2019)*

Top-K Accuracy – это такая вероятность, с которой правильный ответ содержится среди первых K предсказаний алгоритма в общем списке предсказаний, отсортированных по параметру confidence, т.е «уверенности» алгоритма в правильности ответа.

Максимальная точность модели на валидации составила 57.3% (top-1 accuracy) и 96.2% (top-3 accuracy). Матрица несоответствия (Confusion Matrix) представлена на рис. 2.

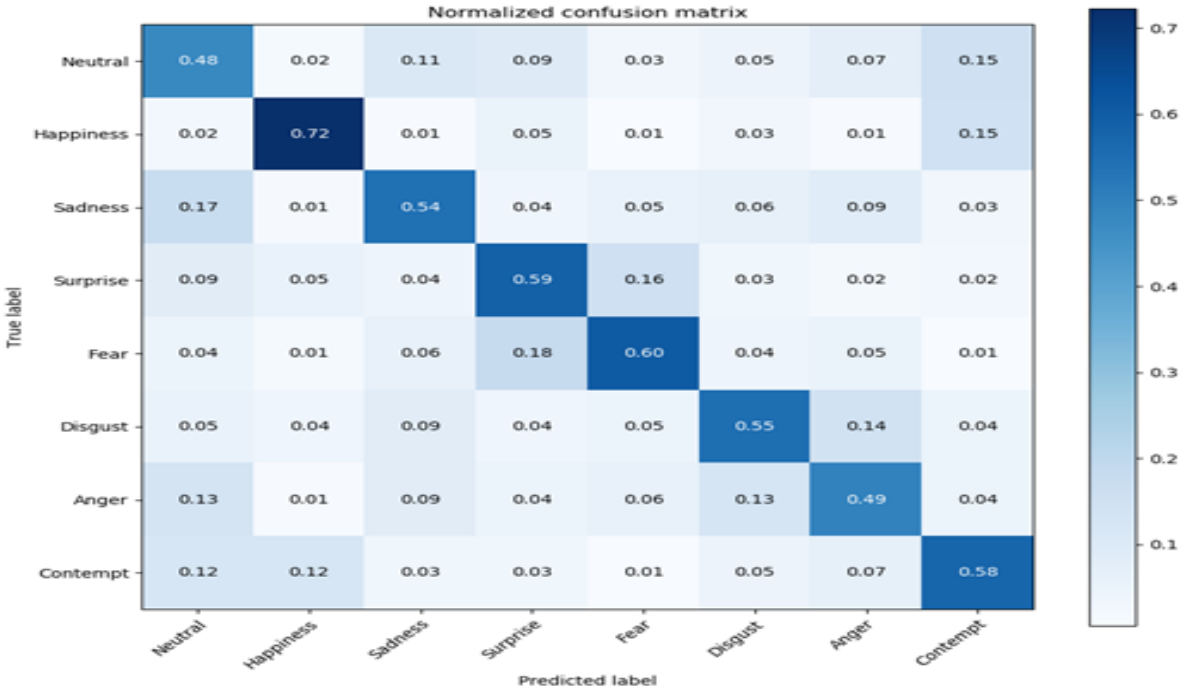


Рис. 2. Матрица несоответсвия на валидационной части датасета

Выводы

Проведенные эксперименты подтверждают эффективность предлагаемого подхода с применением интеллектуальных технологий нейросетей для распознавания лицевых экспрессий на статичном изображении.

Дальнейшие исследования планируется проводить в направлении адаптации данного метода для распознавания лицевых экспрессий на видео, используя не только признаки и зависимости внутри изображения (spatial features), но и признаки между кадрами, проявляемые во времени (temporal features).

Полученные результаты, как представляется, найдут применение в различных системах распознавания поведения людей и предсказания их дальнейших действий, что является немаловажным и актуальным во многих сферах деятельности человека, в том числе в банковском деле.

Литература

1.*Mollahosseini, A., Hasani, B., & Mahoor, M. H.* (2017). “Affectnet: A database for facial expression, valence, and arousal computing in the wild”. IEEE Transactions on Affective Computing.

2. *Zhang, S., Zhu, X., Lei, Z., Shi, H., Wang, X., & Li, S. Z.* (2017, October). “Faceboxes: A CPU real-time face detector with high accuracy”. In 2017 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB) (pp. 1-9). IEEE.

3. *Li, Ying & Brown, Lisa & Hampapur, Arun & Pankanti, S & Senior, Andrew & Bolle, Ruud.* (2019). “Real World Real-time Automatic Recognition of Facial Expressions”. Exploratory Computer Vision Group, IBM T. J. Watson Research Center, pp.1-8.

4. *H.-W. Ng, V. D. Nguyen, V. Vonikakis, and S. Winkler*, “Deep learning for emotion recognition on small datasets using transfer learning,” in Proceedings of the 2015 ACM on international conference on multimodal interaction. ACM, 2015, pp. 443–449.

5. *Z. Meng, P. Liu, J. Cai, S. Han, and Y. Tong*, “Identity-aware convolutional neural network for facial expression recognition,” in Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017), 2017 12th IEEE International Conference on. IEEE, 2017, pp. 558–565.

6. *M. Shin, M. Kim, and D.-S. Kwon*, “Baseline cnn structure analysis for facial expression recognition,” in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2016 25th IEEE International Symposium on. IEEE, 2016, pp. 724–729.

7. *Y. Sun, X. Wang, and X. Tang*, “Deep convolutional network cascade for facial point detection,” in Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2013 IEEE Conference on. IEEE, 2013, pp. 3476–3483.
8. *S. Ren, X. Cao, Y. Wei and J. Sun*, "Face Alignment at 3000 FPS via Regressing Local Binary Features," 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbus, OH, 2014, pp. 1685-1692.
9. *Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J.* (2015). Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pp. 815-823.
10. *He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J.* (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 770-778.

ПРОРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ НАКОПИТЕЛЬНЫХ СЧЕТОВ

Соколов Е.В., Костырин Е.В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1
ibm5-moskwa@rambler.ru, mauntain76@mail.ru

Аннотация: С целью решения задачи управления развитием крупномасштабных систем предложена принципиально новая прорывная технология финансирования здравоохранения на основе медицинских накопительных счетов (МНС), отличительной особенностью которой является перевод части средств работающих граждан на персонифицированные МНС для оплаты с этих счетов медицинской помощи. Дана иллюстрация схемы движения денежных средств между всеми участниками предлагаемой авторами системы финансирования здравоохранения РФ.

Ключевые слова: медицинские накопительные счета, система финансирования здравоохранения, прорывные технологии, экономика России, источники пополнения бюджетов.

Введение

В монографиях [1 и 2] предложена принципиально новая прорывная технология финансирования здравоохранения РФ на основе МНС, отличительной особенностью которой является перевод части средств работающих граждан на персонифицированные МНС для оплаты с этих счетов медицинской помощи. В данной технологии предлагается до 2024 года 3,2% фонда оплаты труда (ФОТ) направлять на счета работающих граждан в виде депозитов в банках, в 1,9% ФОТ – в резервный фонд для финансирования медицинской помощи малообеспеченных групп граждан: детей, пенсионеров, работающих граждан с минимальной заработной платой. Средства резервного фонда распределяются следующим образом: 1,4% ФОТ направляется на обеспечение медицинской помощью неработающих граждан: детей и пенсионеров, 0,5% ФОТ – на работающих граждан с минимальной заработной платой. После 2024 года на счета работающих граждан предлагается направлять уже 3,9% ФОТ, а в резервный фонд 1,2% ФОТ: 0,7% ФОТ на неработающих граждан (пенсионеров, детей), 0,5% ФОТ на работающих граждан с минимальной заработной платой. Отчисления в резервный фонд на медицинское обслуживание неработающих граждан после 2024 года сокращаются на 0,7% ФОТ (с 1,4% ФОТ до 0,7% ФОТ) и поступают на МНС работающих граждан, увеличивая их отчисления на эти 0,7% ФОТ (с 3,2% до 3,9%). Предлагаемая схема финансирования представлена на рис. 1.

1 Управление развитием крупномасштабной системы здравоохранения для всех субъектов РФ и России в целом

Цель данного исследования – проанализировать и показать, что средств, накопленных на МНС в соответствии с новой схемой финансирования здравоохранения РФ, достаточно для покрытия средних расходов на медицинское обслуживание граждан во всех регионах Российской Федерации.

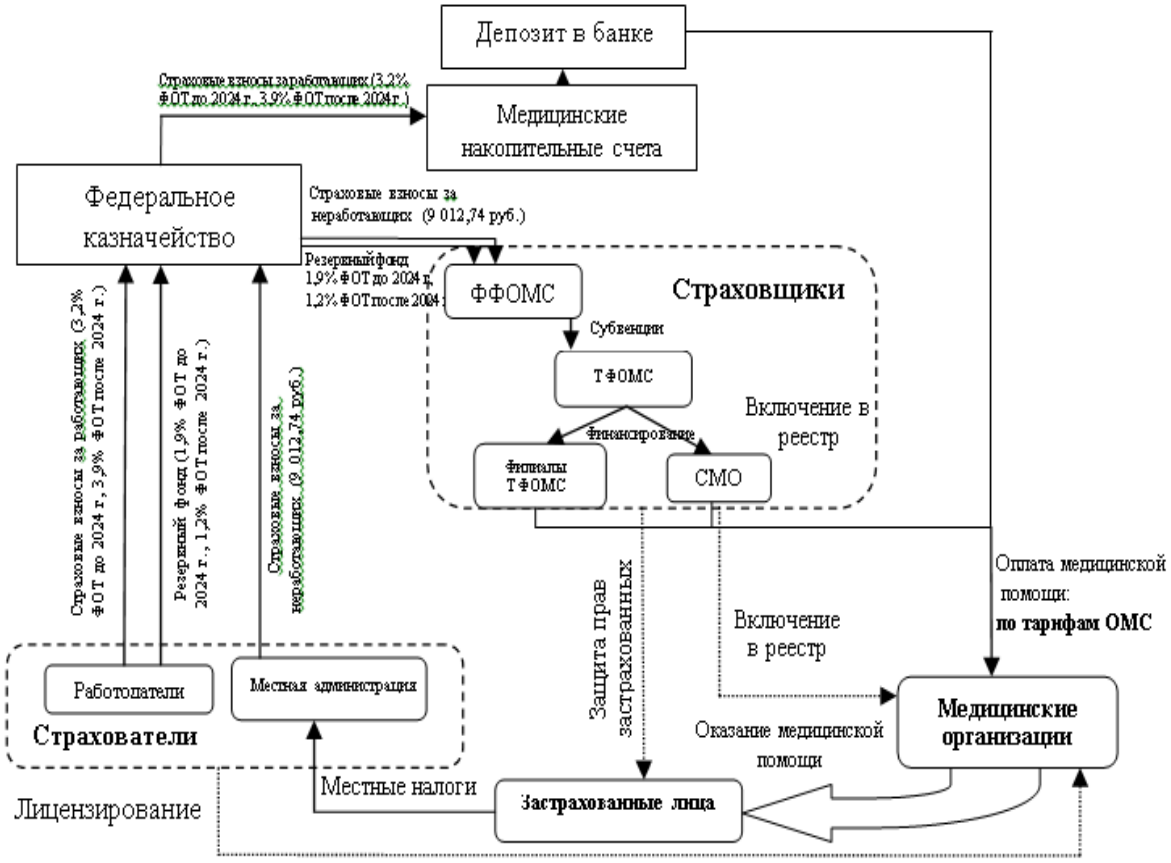


Рис. 1. Предлагаемая схема финансирования здравоохранения РФ

Для реализации этой цели в работе использованы следующие источники информации: Федеральный закон от 30.11.2011 № 354-ФЗ (ред. от 28.12.2016) «О размере и порядке расчёта тарифа страхового взноса на обязательное медицинское страхование неработающего населения» [3], Федеральный закон от 05.12.2017 № 368-ФЗ «О бюджете Федерального фонда обязательного медицинского страхования на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов» [4], официальные данные, опубликованные на интернет-ресурсе Федеральной службы государственной статистики [5], официальные данные территориальных подразделений Федеральной службы государственной статистики.

Одним из критериев эффективности и целесообразности внедрения новой прорывной системы финансирования отечественного здравоохранения на основе МНС является неснижение размеров финансирования медицинских услуг, приходящихся на одного жителя субъекта Российской Федерации по состоянию на 2018 год.

Размер поступлений и расходов на медицинское обслуживание всех категорий граждан по субъектам РФ представлен в табл. 1.

Выводы

Анализ объёмов отчислений на МНС и расходов на медицинское обслуживание всех категорий граждан субъектов Российской Федерации, представленный в табл. 1, показал, что накопленных на МНС средств гарантировано хватит на медицинское обслуживание всех категорий граждан во всех субъектах РФ. Так, размер накопленных в резервном фонде средств на медицинское обслуживание неработающих граждан превышает объём расходов на медицинское обслуживание этой категории граждан на 7% (408 185 585 579 : 382 495 164 371 = 1,07)..

Таблица 1. Ожидаемые поступления и расходы на медицинское обслуживание всех категорий граждан по субъектам РФ в 2019 году

№ п/п	Наименование субъекта РФ	Количество граждан старше трудоспособного возраста (пенсионеры), человек	Количество граждан моложе трудоспособного возраста (дети), человек	Количество граждан трудоспособного возраста, не делающих отчислений в фонд ОМС, человек	Количество работающих граждан с минимальной заработной платой, человек	Количество работающих граждан, которые делают отчисления в фонд ОМС, за вычетом работающих граждан с минимальной заработной платой, человек	Поступления на медицинское обслуживание неработающих граждан, руб. в год	Расходы на медицинское обслуживание неработающих граждан, руб. в год	Поступления на медицинское обслуживание работающих граждан с минимальной заработной платой, руб. в год	Расходы на медицинское обслуживание работающих граждан с минимальной заработной платой, руб. в год	Поступления на медицинское обслуживание работающих граждан, руб. в год	Расходы на медицинское обслуживание работающих граждан, руб. в год
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
1	**Российская Федерация**	**37 362 583**	**27 253 744**	**20 181 008**	**8 159 279**	**50 685 442**	**408 185 585 579**	**382 495 164 371**	**145 780 566 278**	**104 394 449 914**	**932 995 624 180**	**648 498 322 868**
2	**Центральный федеральный округ**	**10 869 229**	**6 357 574**	**5 494 647**	**2 214 405**	**13 755 884**	**138 886 705 846**	**130 145 441 825**	**40 016 886 914**	**28 656 363 488**	**256 108 076 251**	**178 013 329 985**
3	Белгородская область	429 399	261 169	239 575	85 931	533 802	3 637 874 752	3 408 913 862	1 305 182 934	934 650 330	8 353 170 777	5 806 047 852
4	Брянская область	337 217	206 854	185 935	66 691	414 285	2 847 108 929	2 667 917 330	1 011 997 980	724 698 601	6 476 787 073	4 501 827 710
…….												
17	Тверская область	376 744	215 110	196 539	70 495	437 912	3 313 808 467	3 105 243 691	1 097 674 544	786 052 168	7 025 117 080	4 882 956 067
18	Тульская область	455 927	222 619	226 751	81 331	505 228	3 552 656 273	3 329 058 872	1 236 721 955	885 624 959	7 915 020 511	5 501 502 251
19	Ярославская область	361 931	218 000	191 188	68 575	425 990	3 267 898 361	3 062 223 079	1 070 897 094	766 876 654	6 853 741 400	4 763 837 780
20	г. Москва	3 310 100	1 824 300	2 020 268	724 630	4 501 402	70 610 390 886	66 166 307 735	16 655 742 883	11 927 290 177	106 596 754 453	74 092 326 581
21	**Северо-Западный федеральный округ**	**3 710 670**	**2 362 447**	**1 997 938**	**805 192**	**5 001 851**	**43 890 960 801**	**41 128 547 551**	**15 655 193 201**	**11 210 789 780**	**100 193 236 484**	**69 641 426 110**
22	Республика Карелия	168 693	114 537	94 584	33 925	210 745	2 265 470 960	2 122 886 544	865 352 456	619 684 749	5 538 255 721	3 849 481 662
23	Республика Коми	189 757	170 986	133 860	48 013	298 257	3 583 921 966	3 358 356 762	1 368 787 262	980 197 820	8 760 238 477	6 088 988 858
24	Архангельская область без авт. округа	297 936	208 331	168 820	60 553	376 152	4 429 269 017	4 150 499 284	1 628 630 893	1 166 273 602	10 423 237 714	7 244 891 616
…….												
31	Псковская область	191 500	103 600	94 485	33 890	210 525	1 511 921 710	1 416 764 245	513 406 155	367 653 621	3 285 799 393	2 283 864 297
32	г. Санкт-Петербург	1 391 100	782 300	899 883	322 770	2 005 047	20 151 564 708	18 883 263 710	6 020 013 435	4 310 972 354	38 528 085 986	26 779 760 266
33	**Южный федеральный округ**	**4 380 860**	**2 973 230**	**2 317 020**	**933 785**	**5 800 674**	**33 670 823 099**	**31 551 645 797**	**13 661 197 098**	**9 782 875 678**	**87 431 661 428**	**60 771 223 714**
34	Республика Адыгея	112 647	85 084	70 745	25 375	157 629	758 224 934	710 503 704	349 323 242	250 152 737	2 235 668 751	1 553 948 805
…….												
40	Ростовская область	1 019 757	638 935	717 259	257 266	1 598 139	8 168 128 892	7 654 042 458	3 758 345 399	2 691 376 570	24 053 410 553	16 718 831 255
41	г. Севастополь	113 165	66 526	65 956	23 657	146 959	742 529 183	695 795 814	331 823 495	237 621 049	2 123 670 366	1 476 101 961
42	**Северо-Кавказский федеральный округ**	**1 760 647**	**2 388 523**	**1 409 937**	**568 221**	**3 529 786**	**16 184 376 837**	**15 165 763 068**	**7 838 389 096**	**5 613 123 469**	**50 165 690 215**	**34 868 722 989**
43	Республика Дагестан	403 080	792 911	514 639	184 591	1 146 679	3 479 683 473	3 260 678 840	2 366 515 067	1 694 677 451	15 145 696 427	10 527 336 331
…….												
49	Ставропольский край	685 336	527 826	443 139	158 945	987 368	5 668 896 016	5 312 106 526	2 319 311 365	1 660 874 561	14 843 592 738	10 317 352 778
50	**Приволжский федеральный округ**	**7 755 195**	**5 478 198**	**3 760 459**	**1 515 508**	**9 414 334**	**65 078 709 436**	**60 982 779 751**	**23 765 291 742**	**17 018 486 221**	**152 097 867 151**	**105 718 836 405**
51	Республика Башкортостан	682 031	404 187	298 763	107 160	665 679	5 194 292 586	4 867 373 730	1 767 000 883	1 265 361 288	11 308 805 650	7 860 424 323
52	Республика Марий Эл	174 084	134 813	104 114	37 344	231 978	1 598 674 904	1 498 057 358	565 233 430	404 767 483	3 617 493 950	2 514 415 608
…….												
62	Самарская область	868 122	552 872	494 179	177 252	1 101 089	7 579 249 496	7 102 226 007	2 702 997 944	1 935 635 117	17 299 186 844	12 024 165 349
63	Саратовская область	682 124	411 891	381 659	136 894	850 382	5 752 212 118	5 390 178 872	2 078 557 136	1 488 468 829	13 302 765 668	9 246 368 365
64	Ульяновская область	360 013	205 429	189 912	68 118	423 147	2 956 063 392	2 770 014 407	1 034 835 407	741 052 636	6 622 946 604	4 603 418 980
65	**Уральский федеральный округ**	**2 909 789**	**2 518 929**	**1 718 937**	**692 751**	**4 303 370**	**33 390 586 997**	**31 289 047 221**	**13 547 007 782**	**9 701 103 937**	**86 700 849 807**	**60 263 257 655**
66	Курганская область	246 358	164 145	121 287	43 503	270 243	2 356 860 955	2 208 524 627	756 137 147	541 474 927	4 839 277 743	3 363 642 249
…….												
73	Челябинская область	899 254	677 111	534 368	191 667	1 190 636	8 491 521 534	7 957 081 385	3 228 827 607	2 312 185 296	20 664 496 682	14 363 295 061
74	**Сибирский федеральный округ**	**4 596 225**	**3 954 663**	**2 664 090**	**1 073 659**	**6 669 567**	**51 279 172 538**	**48 051 759 351**	**21 478 434 626**	**15 380 852 366**	**137 461 981 606**	**95 545 854 900**
75	Республика Алтай	40 244	61 588	32 405	11 623	72 203	1 117 293 286	1 046 972 980	306 652 684	219 596 061	1 962 577 178	1 364 130 737
76	Республика Бурятия	198 470	241 210	151 899	54 483	338 449	2 874 875 406	2 693 936 238	1 182 922 660	847 098 920	7 570 705 022	5 262 178 495
…….												
86	Томская область	246 850	205 535	174 500	62 590	388 806	3 434 077 141	3 217 942 883	1 436 613 697	1 028 768 788	9 194 327 660	6 390 711 716
87	**Дальневосточный федеральный округ**	**1 379 968**	**1 220 180**	**882 753**	**355 759**	**2 209 976**	**25 804 250 022**	**24 180 179 806**	**9 818 165 818**	**7 030 854 976**	**62 836 261 238**	**43 675 671 109**
88	Республика Саха (Якутия)	164 305	239 769	156 199	56 026	348 031	7 017 109 919	6 575 466 421	2 209 505 625	1 582 241 928	14 140 835 998	9 828 886 857
…….												
96	Чукотский авт. округ	7 250	11 350	8 573	3 075	19 101	317 150 460	297 189 615	139 868 912	100 161 074	895 161 036	622 200 592

Объём финансовых ресурсов на медицинское обслуживание работающих граждан с минимальной заработной платой превысит расходы на 40% (145 780 566 278 : 104 394 449 914 = 1,40). А для работающих граждан превышение составит 43% (932 995 624 180 : 648 498 322 868 = 1,43).

Таким образом, обоснована и доказана техническая возможность и целесообразность введения новой прорывной системы финансирования отечественного здравоохранения на основе МНС.

Экономический эффект на первый год внедрения МНС составит: 292 млрд. руб. (средства на МНС) + 18,2 млрд. руб. (снижение затрат территориальных бюджетов ОМС на пенсионеров) + 68,6 млрд. руб. (снижение затрат территориальных бюджетов и ОМС за счёт выхода работающих из «тени») = 378 млрд. руб. Экономический эффект к 2024 году (через пять лет): 2 480 + 88 + 332 = 2 900 млрд. руб. (структура составляющих эффекта аналогична первому году). Экономический эффект к 2028 году (10 лет внедрения МНС): 5 863 + 186 + 332 = 6 381 млрд. руб. Экономический эффект к 2038 году (20 лет внедрения МНС): 17 666 + 435 + 332 = 18 433 млрд. руб. Находящийся на МНС неснижаемый остаток средств является огромным и недорогим (4%-5% годовых) внутренним кредитным ресурсом. В первый год внедрения МНС объём кредитных средств составит: 292 млрд. руб.; к 2024 году – 2,480 трлн. руб.; к 2028 – 5,863 трлн. руб.; к 2038 – 17,666 трлн. руб

Литература

1. Соколов Е.В., Костырин Е.В. Прорывные технологии финансирования здравоохранения, пенсионного обеспечения и экономики России: монография / под общ. ред. Е.В. Соколова. М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2018. – 180 с.

2. Костырин Е.В. Модели управления лечебно-профилактическими учреждениями: монография. М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2018. – 160 с.

3. Федеральный закон от 30 ноября 2011 года № 354-ФЗ (ред. от 28.12.2016 г.) «О размере и порядке расчёта тарифа страхового взноса на обязательное медицинское страхование неработающего населения».

4. Федеральный закон от 5 декабря 2017 года № 368-ФЗ «О бюджете Федерального фонда обязательного медицинского страхования на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов».

5. Федеральная служба государственной статистики // www.gks.ru (дата обращения: 26.03.2019 г.).

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Соколов Е.В., Костырин Е.В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1
ibm5-moskwa@rambler.ru, mauntain76@mail.ru

Аннотация: С целью решения задачи управления развитием крупномасштабных систем предложена экономико-математическая модель, позволяющая за счёт прироста свободно прикрепившегося к поликлинике населения и роста объёмов оказываемых услуг, существенно снизить себестоимость и тарифы, значительно улучшить финансовый результат, материально и морально заинтересовать весь трудовой коллектив в эффективной работе.

Ключевые слова: работающие граждане, поликлиника, медицинский персонал, медицинские услуги, материальное и моральное стимулирование труда, финансовый результат, бюджеты, финансовая система, экономические модели.

Введение

В учебнике [1], стр. 587-626, разработана экономико-математическая модель, информационное и программное обеспечение, позволяющие в режиме реального времени управлять доходами поликлиник за счёт оптимизации себестоимости, тарифов и объёмов оказываемых медицинских услуг. Оптимизация осуществляется по структурным подразделениям и всей поликлинике в целом. В ранее опубликованных работах [2, 3] обосновано, что основным источником развития финансовой системы России являются работающие граждане (в контексте данной статьи – весь персонал поликлиники) от качественного и мотивированного труда которых зависит финансовое благополучие всего российского общества и рост валового внутреннего продукта (ВВП). В работе [4] предложена система эффективного управления платными услугами бюджетных поликлиник, позволяющая за счёт прогрессивной системы оплаты труда медицинского персонала существенно повышать финансовый результат работы поликлиники. При этом, как показано в вышеупомянутых работах, растёт годовой объём оказываемых платных медицинских услуг, снижается их себестоимость и тарифы. Система

эффективного управления платными услугами позволяет не только повышать материальное вознаграждение медицинского персонала, но и обеспечивать стимулирование труда немедицинского персонала и отчисления на развитие лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ). Эти отчисления могут быть направлены на увеличение оснащённости отделений поликлиники современной высокотехнологичной медицинской техникой, повышение квалификации персонала, закупку современных лекарственных препаратов, освоение передовых технологий и методик диагностики, лечения и реабилитации.

В данной работе создана экономико-математическая модель развития системы бюджетных поликлиник г. Москвы, оказывающих медицинские услуги, финансируемые из фонда обязательного медицинского страхования (ОМС), и за счёт платных медицинских услуг, а также предложены механизмы их внедрения в повседневную медицинскую практику отделений поликлиник г. Москвы.

Постановка задачи

Экономико-математическая модель, максимизирующая финансовый результат от предоставления медицинских услуг в системе ОМС и платных медицинских услуг, оказанных i-ым врачом j-ого отделения, имеет следующий вид:

(1) $\text{ФР} = \sum_{j=1}^{m}\left[T\cdot\alpha\cdot N\cdot k_{ij} - \alpha\cdot L_{ij}\cdot\sum_{i=1}^{n}O_{ij}\cdot\left(S_{\text{усл.пер}.ij} + \frac{S_{\text{усл.пост.г}.ij}}{\alpha\cdot L_{ij}\cdot\sum_{i=1}^{n}O_{ij}}\right)\right] + \sum_{i=1}^{n}\left[O_{ij}\cdot\left(C_{\text{б}ij} - S_{ij} - -\gamma\cdot\frac{C_{\text{б}ij}\cdot(O_{ij}-O_{\text{б}ij})+S_{\text{б}ij}-S_{ij}}{O_{ij}}\right)\right] \rightarrow max$, Целевая функция

(2) $\alpha\cdot L_{ij}\cdot\sum_{i=1}^{n}O_{ij} \le \frac{\text{Б}\cdot\tau}{З_{\text{ср}}}\cdot K_j\cdot\delta_j, 0\le\gamma\le 1, 0<k_{ij}<1, i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m.$ Ограничения

(3) $L_{ij} = O_{\text{б}ij}/N, i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m.$

Используемые в модели обозначения: *ФР* – финансовый результат работы медучреждения, руб.; α – коэффициент прироста населения, прикреплённого к ЛПУ, доли ед.; $S_{усл.пер.ij}$ – средние условно-переменные затраты на одну медицинскую услугу *i*-ого врача *j*-ого отделения, руб.; $S_{усл.пост.г.ij}$ – условно-постоянные годовые затраты, приходящиеся на *i*-ого врача *j*-ого отделения, руб.; m – число отделений ЛПУ, ед.; T – годовой дифференцированный подушевой норматив, руб.; N – количество населения, прикреплённого к ЛПУ, чел.; k_{ij} – доля годового дифференцированного подушевого норматива, приходящаяся на *i*-ого врача *j*-ого отделения, доли ед.; L_{ij} – коэффициент базового соотношения роста объёмов услуг *i*-ого врача *j*-ого отделения в зависимости от роста количества населения, свободно прикрепившегося к поликлинике, доли ед.; n – количество разновидностей медуслуг, ед.; $Б$ – годовой бюджет рабочего времени должности, мин.; τ – коэффициент использования рабочего времени должности на лечебно-диагностическую работу; $З_{ср}$ – средние затраты рабочего времени должности на одну медуслугу, мин.; K_j – число врачей и среднего медперсонала *j*-ого отделения; δ_j – режим работы сотрудников *j*-ого отделения; $C_{бij}$ – средний базовый тариф на платные медуслуги *i*-ого врача *j*-ого отделения, руб.; γ – коэффициент перераспределения скидки на платные медуслуги между пациентом и поликлиникой; O_{ij} и $O_{бij}$ – годовой объём медуслуг *i*-ого врача *j*-ого отделения в текущем и базовом году соответственно, ед.; S_{ij} и $S_{бij}$ – фактическая и средняя себестоимость медуслуг *i*-ого врача *j*-ого отделения соответственно, руб.

Результаты моделирования работы врача отделения функциональной диагностики одного из медицинских учреждений г. Москвы, оказывающего населению платные медицинские услуги и услуги в системе ОМС, представлены в табл. 1. Из табл. 1 видно, что при росте объёмов платных медуслуг (столбец 4) в 1,5 раза суммарный финансовый результат (столбец 9) с учётом скидки возрастает с 541 297,79 руб. в базовом варианте до 686 372,71 руб. в 51-ом варианте, или на 26,80%.

Выводы

1. Выполненные с использованием экономико-математической модели расчёты показывают, что даже при небольшом приросте прикрепившегося к поликлинике населения (5%), за счёт дополнительного финансирования из фонда ОМС и значительного снижения себестоимости медицинских услуг, существенно (на 34%) увеличивается суммарный финансовый результат работы отделения функциональной диагностики..

2. В рассмотренном отделении годовой объём платных медуслуг не превышает 5% объёма услуг, оплачиваемых фондом ОМС (столб. 3 и 2 табл. 1). В тоже время тарифы на услуги, оплачиваемые фондом ОМС, и нормативное время на одну услугу, в среднем, в два раза меньше, чем аналогичные тарифы и нормативное время на платные услуги. Эти три причины (разница в объёмах, тарифах и нормативном времени) привели к огромной разнице между средним тарифом на платные

медуслуги и средней себестоимостью услуг (столб. 5 и 6 табл. 1), почти в 9 раз. Смоделированный в табл. 1 рост объёмов платных услуг на 50% составляет от общего объёма услуг (ОМС плюс платные) 2,4%, но за счёт разницы между тарифом и себестоимостью прирост медуслуг всего на 2,4% позволяет увеличить, несмотря на снижение тарифа, финансовый результат на 26% (более чем в 10 раз).

3. Согласно целевой функции (1) суммарный финансовый результат, полученный от всех шести врачей отделения, оказывающих платные услуги и работающих в системе ОМС, равен: 6 · 686 373 = 4 118 236,26 (руб.). При общем числе таких отделений, равном 14, финансовый результат работы ЛПУ, составляет 57 655 307,64 руб. Общий экономический эффект от внедрения разработанных моделей в систему бюджетных поликлиник г. Москвы оценивается в размере 77 млрд. руб. Ожидаемый экономический эффект для России составляет 1,1 трлн. руб. Потенциальный экономический эффект для развитых стран мира оценивается в 806,57 млрд. долл. США

Литература

1. Управление финансами наукоёмких предприятий: Учебник / Е.В. Соколов, К.Д. Гайворонская и др.; Под ред. Е.В. Соколова. М.: Научная библиотека, 2015. 672 с.
2. *Соколов Е.В.* Система эффективного управления бюджетными поликлиниками Москвы и инструменты роста экономики России // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. № 10, Том 1. С. 55-64.
3. *Zozulya V.V., Romanchenko O.V., Zuykov A.V., Sergeeva A.Y., Medvedev S.O., Zozulya I.V.* Financial stimulation of forest resources deep processing // Journal of advanced research in law and economics. 2017. No. 1, Volume 8. P. 306-312.
4. *Костырин Е.В.* Система мотивации медицинского персонала поликлиник, оказывающих платные услуги // Экономика и управление: проблемы, решения. 2016. № 10, Том 2. С. 106-114.

Таблица 1. Результаты моделирования работы врача отделения функциональной диагностики ЛПУ (коэффициент прироста населения, прикреплённого к поликлинике 5%)

Номер варианта	Годовой объём предоставления медицинских услуг врачом в системе ОМС	Годовой объём предоставления платных медицинских услуг врачом	Рост объёма оказания платных медицинских услуг врачом по отношению к базовому объёму, доли ед.	Снижение среднего тарифа на платные медицинские услуги	Средняя себестоимость одной медицинской услуги	Доход от реализации годового объёма платных медицинских услуг с учётом скидки	Себестоимость годового объёма платных медицинских услуг	Суммарный финансовый результат
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7 619	368	1,00	1 280,67р.	135,33р.	471 286,00р.	49 803,21р.	541 297,79р.
2	8 000	372	1,01	1 280,67р.	129,41р.	475 998,86р.	48 097,38р.	590 304,40р.
3	8 000	375	1,02	1 274,39р.	129,35р.	478 355,29р.	48 553,27р.	592 247,08р.
4	8 000	379	1,03	1 268,23р.	129,30р.	480 711,72р.	49 008,77р.	594 190,53р.
5	8 000	383	1,04	1 262,20р.	129,24р.	483 068,15р.	49 463,90р.	596 134,73р.
6	8 000	386	1,05	1 256,27р.	129,19р.	485 424,58р.	49 918,65р.	598 079,70р.
7	8 000	390	1,06	1 250,46р.	129,14р.	487 781,01р.	50 373,02р.	600 025,42р.
8	8 000	394	1,07	1 244,76р.	129,08р.	490 137,44р.	50 827,01р.	601 971,90р.
9	8 000	397	1,08	1 239,17р.	129,03р.	492 493,87р.	51 280,63р.	603 919,14р.
10	8 000	401	1,09	1 233,67р.	128,97р.	494 850,30р.	51 733,86р.	605 867,13р.
11	8 000	405	1,10	1 228,28р.	128,92р.	497 206,73р.	52 186,72р.	607 815,87р.
12	8 000	408	1,11	1 222,98р.	128,87р.	499 563,16р.	52 639,20р.	609 765,37р.
13	8 000	412	1,12	1 217,78р.	128,81р.	501 919,59р.	53 091,31р.	611 715,62р.
14	8 000	416	1,13	1 212,67р.	128,76р.	504 276,02р.	53 543,04р.	613 666,62р.
15	8 000	420	1,14	1 207,65р.	128,71р.	506 632,45р.	53 994,40р.	615 618,37р.
…….								
46	8 000	534	1,45	1 086,36р.	127,07р.	579 681,78р.	67 803,08р.	676 489,33р.
47	8 000	537	1,46	1 083,31р.	127,02р.	582 038,21р.	68 242,69р.	678 464,57р.
48	8 000	541	1,47	1 080,29р.	126,96р.	584 394,64р.	68 681,94р.	680 440,53р.
49	8 000	545	1,48	1 077,32р.	126,91р.	586 751,07р.	69 120,83р.	682 417,20р.
50	8 000	548	1,49	1 074,39р.	126,86р.	589 107,50р.	69 559,37р.	684 394,60р.
51	8 000	552	1,50	1 071,49р.	126,81р.	591 463,93р.	69 997,55р.	686 372,71р.

EMOTIONALLY DEPENDENT OCULOGRAPHIC AND BRAIN-COMPUTER INTERFACES BASED ON ADDITIONAL CHANNEL OF HUMAN-COMPUTER COMMUNICATION

Turovskii Ya.A. *, Borzunov S.V.*, Vakhtin A.A.***

**Voronezh State University, Russia, Voronezh University Square d. 1*

*** V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, 65 Profsoyuznaya,*

Annotation: The paper presents a model for evaluating the emotional state based on the involuntarily controlled signals of the user of oculographic and neurocomputer interfaces.

Key word: oculographic interface, brain-computer interface, emotionally-dependent interface

The paper presents a model for evaluating the emotional state of the user of oculographic and neurocomputer (brain-computer) interfaces based on the involuntarily controlled signals. As such signals, the values of variability of heart rate, skin-galvanic reaction response, and respiratory activity patterns were considered. The heart rate variability parameters were selected, whose recording is well-proven both at the firmware level and from the point of view of processing and interpretation of the results. As for the signals being recorded, emphasis was placed not so much on the RR-intervals requiring electrocardiographic recording and therefore sensitive to the position and quality of fixation of the electrodes on the subject, as on the pulsometry data obtained by the photoplethysmographic channel. Such a solution, although being less accurate, benefits considerably in terms of ergonomics and simplicity: the user can fix the sensor on the ear, finger, or forearm. As markers for evaluating the user's emotional state as a compromise between the interface rate, the accuracy of the obtained results and the resource intensity, were chosen the values of the mean-square deviation of the pulse indicators (RR intervals) that can be associated with the spectral estimate of the total power of the heart rate variability spectrum. The issue was considered of the possible formation of an additional human-computer channel, carrying the information about the success of recognition by the firmware part of the user command interface. As such a channel, an approach was proposed based on the estimate of the user's emotional state, marked by the heart rate variability characteristics. Taking into account the promising approaches to the control over external devices (computer, drone, or self-propelled chassis) using several algorithms, each of which specializes in solving their own tasks, based on game theory was proposed a model for selecting by the firmware part of the interface of one of several competing algorithms for processing the signals coming from the user and carrying the control commands. The possible parameters for evaluating the "gain" of the firmware suite were considered, which allow executing a set of algorithms transforming the physiological user's signals into commands. It was demonstrated that the option containing the indicator that reflects the value of the difference between the dispersion of the heart rate variability at rest and when working with interfaces, in the process of execution of the strategy, weighted for the time of implementation of this strategy, is more preferable for formation of the channel controlling the selection of the algorithms of processing the patient signals by a firmware suite. In this case, an important issue is the time window during which the user's emotional state is evaluated. With an excessively great window size, the feedback operation efficiency significantly reduces due to a slower reaction in the case when a certain algorithm loses or, conversely, increases its efficiency. With an excessively short time interval, a situation is possible when a short-term success of a generally insufficiently efficient algorithm may lead to its selection for quite a long time. The obtained results make it possible to significantly expand the human-computer interaction capabilities.

The reported study was funded by RFBR, project number 16-29-08342-офи_м.

The authors express their gratitude to S.D. Kurgalin.

ИДЕИ КИБЕРНЕТИКИ В УПРАВЛЕНИИ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКОЙ

Тимме Е.А.

МОО "Ассоциация компьютерных наук в спорте", г. Москва

info@racss.ru

Аннотация: Описываются идеи кибернетики, применяемые в управлении спортивной тренировкой, при этом спортивная тренировка рассматривается как многоуровневая иерархическая сложная система. на различных уровнях управления и в историческом аспекте.

Ключевые слова: кибернетика в спорте, спортивная тренировка, управление спортивной подготовкой

Введение

Система многолетней подготовки спортсменов относится к классу больших развивающихся систем, для которых характерна иерархичность, наличие нескольких качественных уровней и большого числа объектов [1]. По мере развертывания системы во времени ее структура постоянно усложняется, поскольку изменяются задачи, возраст, уровень подготовленности спортсменов, а также их специализация в рамках вида спорта. В целом, многолетний процесс спортивной подготовки от новичка до высот мастерства может быть представлен в виде последовательно чередующихся больших стадий, включающих отдельные этапы многолетней подготовки. В процессе построения спортивной подготовки целостность тренировочного процесса обеспечивается на основе определенной структуры, которая представляет собой относительно устойчивый порядок объединения компонентов (подсистем, сторон и отдельных звеньев), их закономерное отношение друг с другом и общую последовательность. Спортивная тренировка является подсистемой системы спортивной подготовки, которая направлена на спортивное совершенствование атлета и рассматривается как динамический процесс, который можно условно разделить на три взаимосвязанных составляющих: построение процесса, его реализацию и контроль за ходом подготовки. В основе этого процесса лежит сложная динамика причинно-следственных зависимостей во внутренних и внешних связях организма спортсмена. Эти связи имеют сложный опосредованный характер и не всегда поддаются непосредственному наблюдению. Они могут быть поняты, смоделированы и включены в сферу целенаправленных воздействий только на основе общих принципов организации и управления, сформулированных кибернетикой [2].

Кибернетика, без сомнения, оказала существенное влияние на развитие теории и методики спортивной тренировки. Кибернетический подход к процессу спортивной тренировки можно схематически определить как отношение общего к частному. Общие законы управления, сформулированные кибернетикой, проявляются в частном случае управления — усовершенствованием структуры и функций человеческого организма. Использование законов управления, преобразования информации и анализа сложных динамических систем является одним из наиболее перспективных путей развития теории и практики спортивной тренировки. Именно с этих позиций объект управления — живой организм в процессе тренировки представляет сложную систему динамически связанных отношений как между ее внутренними звеньями (системы, органы и их части), так и с внешней средой (условия тренировки). Выделяются несколько контуров управления системой спортивной подготовки. Первый контур - управление тренировкой, восстановлением, функциональным состоянием спортсмена, второй контур - управление обучением, развитием и тренера как субъекта управления тренировкой, третий контур - управление формированием и развитием организационной системы (окружения) куда погружены спортсмен и тренер, которая может рассматриваться как саморазвивающаяся активно-рефлексивная среда. Для анализа, осмысления и корректировки связей в этих вложенных друг в друга системах имеет смысл применять методы и модели кибернетики первого, второго и третьего порядка соответственно [3].

1 Развитие спортивной кибернетики в СССР

В 1960-70-е годы приходится расцвет кибернетических исследований в СССР, которые начали применяться в различных отраслях, в том числе и в спорте. Одним из наиболее значимых событий развития кибернетики в спорте в СССР явилось проведение 1-2 ноября 1965 года в первой в СССР конференции «Кибернетика и спорт», посвященной применению математических подходов к анализу и управлению спортивной деятельностью. В конференции приняли участие 700 человек, было заявлено 120 докладов, в течение 3-х дней было заслушено 67 докладов [4].

Основными направлениями конференции стали:

- Исследование и математическое моделирование физиологических процессов при мышечной деятельности;

- Моделирование процессов физического состояния спортсменов (оценка тренированности);
- Моделирование процессов обучения и тренировки;
- Моделирование спортивной деятельности;
- Методы сбора и обработки информации в процессе выполнения спортивных упражнений.

Был создан Всесоюзный научный комитет по проблемам кибернетики при Научно-методическом совете Союза спортивных обществ и организаций СССР.

Вторая конференция «Кибернетика и спорт» состоялась в ГЦОЛИФК 10-12 сентября 1968 года. На конференцию собралось более 100 человек, представляющих 39 учреждений из 27 городов, было заслушано 38 докладов. Эта конференция сосредоточилась на обсуждении следующих проблем:

- Общетеоретические аспекты применения ЭВМ в спорте;
- Многомерный статистический анализ результатов исследований в спорте;
- Использование ЭВМ для решения медико-биологических проблем.

В 1969 году вышла первая монография по кибернетике в спорте, написанная В.М. Зациорским, в которой были изложены существующие на тот момент результаты применения кибернетики и математики и методы, которые в прошли проверку практикой и с помощью которых были выполнены экспериментальные исследования [6]. В 1985 году была издана книга «Математика и спорт», получившая огромную популярность [7].

В то же время, при наличии значительных успехов у математических методов в спорте существуют и значительные недостатки. В 1980-х годах В.М. Зациорский писал, что за последние тридцать лет математическая статистика стала повсеместно использоваться в спортивной науке, но, к сожалению, очень часто с такими ошибками и нелепостями, что это приводит к дискредитации статистических методов и появлению большого количества работ либо совершенно бессмысленных, либо содержащих столь крупные ошибки, что научные результаты оказываются обесцененными [8]. В то же время, многие ученые сошлись во мнении, что необходимо предостеречься как от недооценки, так и переоценки роли значения кибернетики и ее возможностей в приложении к спорту и уверенность, что заменить кибернетическими устройствами педагога и тренера невозможно [4].

В 1975 году во Всесоюзном научно-исследовательском институте физической культуры состоялся первый в СССР симпозиум, посвященный методологии прогнозирования спортивных достижений, что положило начало рождению новой научной дисциплины - спортивному прогнозированию [9].

2 Управление тренировкой при помощи кибернетических методов

Активное приспособление спортсмена к тренировочным нагрузкам является биологической основой структурной и функциональной адаптации организма. Контроль за адаптивными перестройками с помощью объективных критериев является делом другой, не менее сложной системы, тренера, чья функция управления выражается, прежде всего, в искусственном усложнении среды (тренировочные средства и методы). Это является сущностью спортивной тренировки, которая с позиций кибернетики может быть рассмотрена не только как процесс, но и как сложная динамическая система. Роль управляющей подсистемы здесь исполняет тренер, а управляемой — спортсмен (или команда спортсменов). По своей сущности управление сводится к переводу управляемой системы из одного состояния в другое (предварительно заданное) посредством воздействия на ее переменные. Иными словами, тренировочная нагрузка является программой воздействия на организм спортсмена, т.е. входным сигналом. Результатом этого воздействия (выходным сигналом) будут отклонения и изменения в тканях, органах и функциях организма. Последний активно (избирательно) реагирует на спортивную нагрузку, приспосабливая функционально и морфологически свои системы таким образом, что следующая работа аналогичного характера осуществляется более экономично с большим энергетическим и информационным эффектом.

Тренировочный процесс организуется в соответствии с определенными целевыми задачами, которые выражаются в величине роста спортивных результатов и обусловливают необходимую для их реализациии программу тренировки (рис. 1). Величина прирост спортивного результата является критерием эффективности тренировки. Упорядочение внешних взаимодействий и увеличение в них доли тех сил, которые способствуют успешному достижению целей, является важнейшим условием роста спортивного мастерства. Необходимо выделить в схеме два контура управления: “тренировочная нагрузка - тренировочный потенциал нагрузки - состояние спортсмена” и “состояние спортсмена - тренировочный эффект нагрузки - внешние взаимодействия спортсмена” [2].

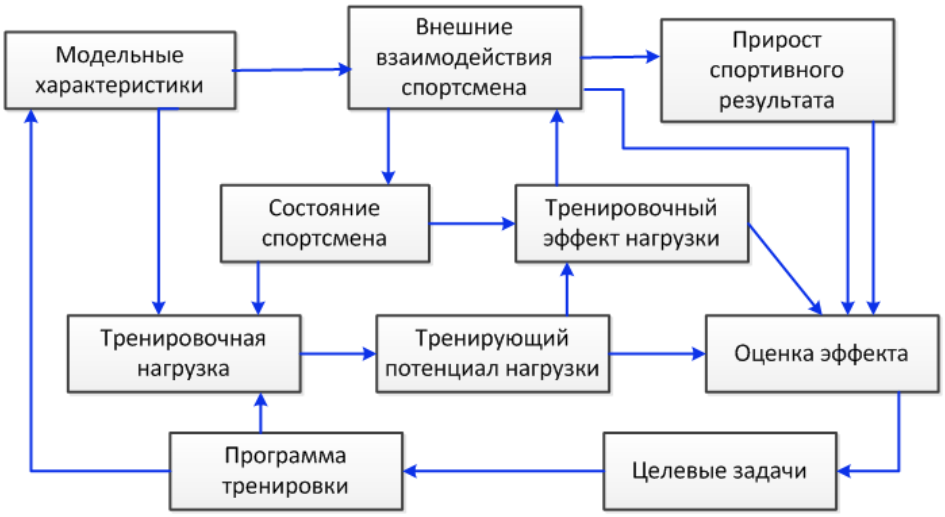


Рис. 1. Взаимосвязи в тренировочном процессе

В настоящее время всё больший интерес среди специалистов в различных видах спорта вызывают математические модели адаптации организма спортсмена под воздействием тренировочных нагрузок [10 - 12]. Эти модели могут быть индивидуализированы и использоваться как для прогнозирования спортивного результата при готовом плане (задача имитационного моделирования), так и для оптимизации тренировочного процесса (задача многомерной оптимизации). При этом каждый тренировочный день представляет собой компонент многомерного вектора, значение которого равно значению тренировочной нагрузки в этот день. Количество рассматриваемых в задаче дней является размерностью пространства, в котором производится оптимизация. В одном из подходов, целевой функцией, значение которой максимизируется при варьировании значений тренировочных нагрузок в различные дни, является значение спортивного результата в определенный соревновательный день. При накладывании некоторых условий и ограничений на вид тренировочного плана, таких как общий объем нагрузки за период, максимальная нагрузка за одну тренировку, продолжительность микроцикла, дни отдыха, и т.д., поиск оптимального тренировочного плана превращается в довольно сложную задачу многомерной многокритериальной оптимизации [13].

По мнению известного спортивного физиолога Н.И. Волкова, в будущем важным разделом специальной теории спорта будет разработка математических моделей развития адаптации в процессе спортивной тренировки и создание автоматизированной системы управления физическим состоянием спортсменов [14].

3 Тренер как субъект управления тренировочным процессом

Ведущим и основным звеном всей цепи управления спортивной подготовкой является тренер, влияющий и определяющий окончательный успех всей организационной системы направленной на подготовку спортсмена, которому отдана роль субъекта управления спортивной тренировкой. В то же время в кибернетике второго порядка управляющая система может в свою очередь рассматриваться как объект наблюдения, исследования и управления, целью которого является совершенствование всех процессов связанных с получением информации, ее анализом, применением к ней концептуальных и математических моделей, выработки и принятия решений, реализации корректирующих воздействий. В процессе принятия решения на тренера на оказывают влияние много факторов и он сталкивается с несколькими проблемами. Первая проблема заключается в том, что разные точки зрения более опытных тренеров на одну и ту же задачу создают сложность в понимании того, как же принимать решение тренеру в аналогичной ситуации. И выбор той или иной позиции оказывается сугубо субъективным решением. Для того чтобы понять рациональные идеи в услышанном материале, вычленить, что в представленных тренировочных планах и тренерских подходах является рациональным и оправданным для использования, а что является прямым заблуждением, необходимо развивать критическое мышление и опираться на научный фундамент. Вторая проблема состоит в том, что на различных этапах преобразования информации теряется исходный сигнал, так что при последующей передаче изначальный смысл может меняться до неузнаваемости. Тренеры, которые имеют значительный опыт в подготовке атлетов, практически всегда подвержены влиянию своего первого успешного опыта. Подход к построению тренировочной программы переносится с минимальными изменениями на других спортсменов и на последующие сезоны. Усугубляет ловушку мышления ещё одно когнитивное искажение - «предвзятость

подтверждения», которое заключается в том, что методическая информация воспринимается тренером по-разному. Тренер охотно воспринимает и запоминает те сведения, которые подтверждают уже используемые им подходы, а факты и идеи, которые противоречат убеждениям тренера, воспринимаются весьма критично и отвергаются [15].

4 Организационные формы спортивной подготовки

Существуют несколько различных подходов к построению организационных систем спортивной подготовки, которые были реализованы в разных странах на отдельных исторических этапах развития спорта. В первом варианте центр управления и принятия решений находится на уровне национальных спортивных федераций. Во втором варианте центр принятия решений находится на уровне специализированного органа исполнительной власти, который обладает полномочиями принятия решений, распределения ресурсов и формирования программ развития. Третий вариант представляет собой, так называемый, гибридный подход, когда весь объем полномочий в определенных пропорциях распределен между уровнями управления [16]. Организационные системы спортивной подготовки, в которой работают спортсмен и тренер могут меняться с течением времени как в сторону совершенствования, так и деградации. Именно развитие спорта уникально тем, что здесь существуют как бы два конкурирующих между собой центра принятия решений: один на уровне спортивной федерации, общественной организации и другой на уровне государственного органа исполнительной власти. Поэтому спортивная отрасль может рассматриваться как саморазвивающаяся активно-рефлексивная среда и к ней могут быть применены методы и модели кибернетики третьего порядка [17]. При этом, в этой среде по мере развития на различных уровнях формируются положительные и отрицательные обратные связи которые могут играть как положительную так и отрицательную роль.

Заключение

Кибернетический подход к управлению спортивной подготовкой является не только теоретической концепцией, но и реализуется на практике посредством формирования рефлексивных процессов, обратных связей и информационных потоков на разных уровнях управления в сложной системе “отрасль - организация - тренер - спортсмен” при стремлении к целям деятельности - достижению спортивных результатов и сохранению здоровья спортсменов. В то же время, в реальности эти механизмы значительно сложнее и проявляются в различных ситуациях с определенной вариативностью. Тем не менее, принципы кибернетики как науки об управлении обладают порождающей функцией, обеспечивающей широкий диапазон приспособительных реакций в рассматриваемых системах.

В настоящее время вопросы поставленные перед спортивной кибернетикой при ее рождении практически не изменились, но приобрели современное звучание. Развитие систем регистрации и переработки информации обеспечили громадный и все возрастающий поток данных практически во всех видах спортивной активности. В этой связи встает вопрос надежной интерпретации получаемых данных и формирования на их основе практических рекомендаций для тренера. Создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) тренера является актуальной задачей настоящего периода развития кибернетики в спорте.

Литература

1. Системный подход и целевое управление в спорте. / Жмарев Н. В. – Киев: Здоров’я, 1984. – 142 с.
2. Программирование и организация тренировочного процесса. / Верхошанский Ю. В. – Москва: Физкультура и спорт, 1985 – 176 с.
3. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития /Новиков Д.А. – Москва: ЛЕНАНД, 2016. – 150 с.
4. *Новиков А.Д.* Начало положено (Кибернетика и спорт) // Теория и практика физической культуры. – 1966. №4. – С. 11-12.
5. *Смирнов Ю. И.* Кибернетика в спорте // Теория и практика физической культуры. – 1968. № 11. – С. 78-80.
6. Кибернетика, математика, спорт (применение математических и кибернетических методов в науке о спорте и в спортивной практике). / Зациорский В. М. – Москва: Физкультура и спорт, 1969. – 199 с.
7. Математика и спорт. / Садовский Л.Е., Садовский А.Л. – Москва:Наука.Главная редакция физико-математической литературы, 1985 – 193 с.
8. *Зациорский В. М.* Осторожно: статистика! // Теория и практика физической культуры.–1989. № 2.– С.52-55.
9. *Баландин В., Блудов Ю., Плахтиенко В.* Прогнозирование в спорте // М.: Физкультура и спорт. – 1986. – Т. 192. – 192 с.
10. *Busso T., Candau R., Lacour J. R.* Fatigue and fitness modelled from the effects of training on performance // European journal of applied physiology – 1994. – P. 50-54.

11. *Perl J. PerPot:* A metamodel for simulation of load performance interaction // European Journal of Sport Science. – 2001. – V. 1, № 2. – P. 1-13.
12. *Turner J. D., Mazzoleni M. J., Little J. A., Sequeira D., Mann B. P*. A nonlinear model for the characterization and optimization of athletic training and performance // Biomedical Human Kinetics. – 2017. – V. 9, № 1.–P. 82-93.
13. *Тимме Е. А*. Подходы к оптимизации тренировочных нагрузок в спорте // IX Московская международная конференция по Исследованию Операций (ORM2018-Germeyer100), 22-27 октября 2018. Труды в двух томах. Том II. – 2018. – Т. 2. – С. 285-287.
14. *Волков Н. И*. Биология спорта на пороге XXI века // Юбилейный сборник трудов ученых РГАФК, посвященный 80-летию академии. – Москва: РГАФК, 1997. – С. 55-60.
15. *Vinogradov M.A.* Evidence-based coaching in sport. – 2018. –
URL: https://www.youtube.com/watch?v=BEaD0ugbLXo.
16. *Тимме Е. А., Ахмерова К. Ш.* Проблемы управления системой спортивной подготовки на региональном уровне и пути их решения // Труды десятой международной конференции в двух томах. Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. – 2017. – Т. 2. – С. 89-92.
17. Аналитика сборки субъектов развития. / Лепский В. Е. – Москва: Когито-Центр, 2016. – 130 с.

ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗАВИСИМЫЕ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ И ОКУЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИНТЕРФЕЙСЫ НА ОСНОВЕ ДОПОЛНИТЕЛНЬОГО КАНАЛА СВЯЗИ ЧЕЛОВЕК-КОМПЬЮТЕР

Туровский Я.А. *, Борзунов С.В.*, Вахтин А.А.***

**Воронежский государственный университет, Воронеж,Университетская пл. д.1*
*** Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН,*
Москва, Профсоюзная, д.65

Аннотация: Представлено развитие интерфейсов человек-компьютер: окулографических и нейрокомпьютерных(человек-компьютер) на основе формирования дополнительного канала управления с использованием вариабельности сердечного ритма. Продемонстрированы принципы работы данного канала, и возможности его функционирования в рамках задач выбора оптимальных алгоритмов работы для окулографических и нейрокомпьютерных интерфейсов.

Ключевые слова: окулографический интерфейс, интерфейс мозг-компьютер, эмоционально-зависимый интерфейс

Совершенствование существующих и появление новых каналов двухсторонней коммуникации является одним из основных направлений развития эргатических систем. Наряду с традиционными интерфейсами человек-компьютер предпринимаются попытки создать эффективные интерфейсы на новых принципах управления. Одними из таких интерфейсов являются т.н. интерфейсы мозг-компьютер(нейрокомпьютерные интерфейсы), обеспечивающие регистрацию команд пользователя непосредственно с головного мозга[1,2] и окулографические интерфейсы, реализующие парадигму управления устройствами, включая компьютер, на основе движения глаз[3,4] пользователя. В ряде случаев эти интерфейсы объединяются в один интерфейс: глаз-мозг-компьютер[5]. Одним из путей повышения скорости работы нейрокомпьютерного и окулографического интерфейсов является возможность программно-аппаратными компонентами интерфейсов оценивать эффективность своей работы в плане достижения пользователем желаемых для него целей. В этом случае программно-аппаратный комплекс обеспечивает самообучение, выбирая те алгоритмы, которые обеспечивают наибольшую точность в условия работы пользователя. Данный подход основан на регистрации непроизвольных сигналов, порождаемых пользователем и потенциально несущих информацию о его функциональном напряжении (стресс-состоянии) которое в свою очередь, при условии эмоционально-нейтрального контента с которым работает пользователь, может быть интерпретирована как показатель успешности или неуспешности работы интерфейса.

В работе представлена модель оценки эмоционального состояния пользователя окулографическими и нейрокомпьютерными (мозг-компьютер) интерфейсами на основе непроизвольно управляемых сигналов. В качестве таковых сигналов были рассмотрены значения вариабельности сердечного ритма, кожно-гальванической реакции, паттерны дыхательной активности. Выбраны были параметры вариабельности сердечного ритма, регистрация которых хорошо отработана как на программно-аппаратном уровне, так и с точки зрения обработки и интерпретации результатов. В качестве регистрируемых сигналов упор был сделан не столько на RR-интервалы, требующие электрокардиографической регистрации и, следовательно, чувствительные к

положению и качеству фиксации электродов на испытуемом, сколько на данные пульсометрии, полученные по фотеплетизмографическому каналу. Подобное решение, хотя и обладает меньшей точностью, существенно выигрывает в эргономичности и простоте: пользователь может закрепить датчик на ухе, пальце, предплечье. Маркерами оценки эмоционального состояния пользователя в качестве компромисса между скоростью работы интерфейса, точностью получаемых результатов и ресурсоёмкостью были выбраны значения среднеквадратического отклонения показателей пульса (RR-интервалов), которые можно связать со спектральной оценкой суммарной мощности спектра вариабельности сердечного ритма. Рассмотрен вопрос о возможном формировании дополнительного канала человек-компьютер, несущем информацию об успешности распознания программно-аппаратной частью интерфейса команд пользователя. В качестве такого канала предложен подход, основанный на оценке эмоционального состояния пользователя, маркируемого характеристиками вариабельности сердечного ритма. Учитывая перспективные подходы к управлению внешними устройствами(компьютер, дрон, самоходное шасси) с использованием нескольких алгоритмов, каждый из которых специализирован на решении своих задач, предложена, на основе теории игр, модель выбора программно-аппаратной частью интерфейса одного из нескольких конкурирующих алгоритмов для обработки поступивших от пользователя сигналов несущих команды управления. Рассмотрены возможные параметры оценки «выигрыша» программно-аппаратного комплекса, позволяющие выполнять выбор алгоритмов, преобразовывающих физиологически сигналы пользователя в команды. Показано, что вариант содержащий показатель, отражающий величину разности дисперсии вариабельности сердечного ритма в состоянии покоя и при работе с интерфейсами, в ходе выполнения стратегии, взвешенный на время реализации данной стратегии, является более предпочтительным для формирования канала управления выбором алгоритмов обработки сигналов пациента программно-аппаратным комплексом. При этом важным моментом является временное окно, в течение которого оценивается эмоциональное состояние пользователя. При чрезмерно большом размере окна эффективность работы обратной связи существенно снижается, за счёт более медленной реакции в случае, если конкретный алгоритм теряет или, наоборот, увеличивает свою эффективность. При чрезмерно коротком временном отрезке возможна ситуация, когда кратковременный успех в целом недостаточно эффективного алгоритма может привести к его выбору в течение достаточно долгого времени. Полученные результаты позволяют существенно расширить возможности взаимодействия человек-компьютер.

Литература

1.*Gao X., Xu D., Cheng M. et al.* A BCI-Based Environmental Controller for the Motion- Disabled // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2003. V.11. № 2. P. 137–140 с.

2. *Zhu D., Bieger J., Molina G. et al.* A Survey of Stimulation Methods Used in SSVEP-Based BCIs // Hindawi Publishing Corporation Computational Intelligence and Neuroscience. 2010. Article ID 702357.

3.*Игнатовский В.В., Пестунов Д.А.* Обработка данных окулографии с помощью ARM-микроконтроллера и компьютера. Вестник науки Сибири, 2014. № 3 (13). 53-57 с.

4. *Славуцкая М.В., Моисеева В.В., Шульговский В.В.* Внимание и движения глаз. Строение глазодвигательной системы, феноменология и программирование саккады // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2008. Т. 58. № 1. С. 28-45.

5. *Шишкин С.Л., Федорова А А., Нуждин Ю.О. и др.* На пути к высокоскоростным интерфейсам глаз-мозг-компьютер: сочетание одностимульной парадигмы и перевода взгляда//Вестн. МГУ. Серия 14. Психология19.–. 2013. № 4. С. 4

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИЕЙ

Чернышенко С.В.

Московский государственный областной университет,
Россия, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д.65
svc-svc@inbox.ru

Аннотация: В работе рассмотрены вопросы математического моделирования и оптимального управления процессом лесной рекультивации. Использованы дифференциальные модели, проведено тестовое численное решение задачи. Критерий оптимальности учитывает экономические аспекты процесса, а также скорость достижения некоего заданного уровня рекультивации.

Ключевые слова: оптимальное управление, лесная рекультивация, математическое моделирование.

Введение

Работа посвящена применению математических и информационных методов к проблеме восстановления лесных экосистем, нарушенных в результате человеческой деятельности. Рассматривается оптимальное планирование этой деятельности на основе теории оптимального управления. В соответствии с доминирующими подходами [1, 2], оптимизация моделей проводится на основе экономических критериев, в то время как сами они описывают развитие насаждений на основе биологических соображений. Использованы Используются линейные и нелинейные модели развития экосистем, в частности, модели вольтеррового типа. Модели учитывают такие экологические характеристики и эффекты как возрастная структура насаждений, внутри- и межвидовая конкуренция и др.

1 Постановка задач об оптимизации процесса рекультивации

Рассмотрим общую постановку задачи. Проблема рассматриваются как относящаяся к сфере «техногенной биогеоценологии» [3]. Для выбора моделей и их параметров используется теория экосистемной динамики, как часть теории нелинейных процессов. Рассматриваются два вида лесовосстановительной деятельности: насаждение и мелиорация. Критерий качества рассматривается в виде [4]: .

$$I\,[u,v,x] = \int_{t_0}^{T} \left(\alpha_1^{(u)}(t)u(t) + \alpha_2^{(u)}(t)u^2(t) + \alpha_1^{(v)}(t)v(t) + \alpha_2^{(v)}(t)v^2(t) + \alpha^{(x)}(t)x(t)\right)dt \quad (1)$$

где $v(t)$ и $u(t)$ – интенсивность насаждений и мелиорации соответственно. Формула (1) задает оценку расходов на рекультивацию за промежуток времени T. Фактически, она включает в себя несколько взвешенных критериев, оценивающих затраты, поскольку многокритериальность характерна для рассматриваемого процесса [5]. Кроме затрат на новые насаждения и мелиорацию, которые аппроксимируются параболами, учитываются также расходы на поддержание существующих насаждений.

Рассмотрены следующие критерии качества задачи оптимального управления: минимальные затраты, предельная скорость, максимальная устойчивость. Первая постановка – перевод системы в определенное состояние с минимальными затратами; для второй необходимо достичь определенного состояния за минимально возможное время при ограничениях на затраты. Задача об оптимальной устойчивости может две постановки: обеспечить максимальную устойчивость при ограничениях на затраты и минимизировать расходы при фиксированных требованиях к устойчивости. Уровень устойчивости оценивается по максимальному значению среди действительных частей собственных значений якобиана в точке равновесия.

2 Линейные модели оптимизации

Для решения задачи оптимизации при линейной модели динамики экосистемы [6] предложен общий метод, основанный на использовании метода проблемы моментов Н. Красовского [7]. Проблемы минимальных затрат и оптимального быстродействия решены для случаев лесопосадок и мелиорации в отдельности, а также для случая одновременного восстановления нескольких биогеоценозов [8]. Хотя рассматриваются линейные дифференциальные модели, критерий (1) является нелинейным, и задача управления обладает некоторыми нелинейными свойствами. При рекультивации путем лесопосадок показано, что основные затраты на лесопосадку и внедрение новых видов должны иметь место в начале процесса (решением является убывающая экспоненциальная функция). Задача о быстродействии сводится к решению сложного одномерного уравнения, корень которого удается найти численно с помощью специально построенного алгоритма на основе метода бисекции.

3 Оптимизация процесса рекультивации с учетом возрастной структуры насаждений и их жизнестойкости

Восстановление лесов рассматривается как «процесс обучения» [9]. «Самообучение» исполнителей рекультивации состоит в накоплении опыта относительно жизнеспособности различных видов растений, а также относительно путей использовании этой информации при дальнейших рекультивационных работах. Была использована аналогия процесса с некоторыми процессами в области инженерии [7]. Выявлена особая важность анализа качества посадочного материала. Разработана новая модель рекультивации, учитывающая возрастную структуру насаждений и "эффект обучения". Это система интегро-дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial x}{\partial t}+\frac{\partial x}{\partial \tau}=\big(u(t)-S(\tau)-D(t,\tau)\big)x$$

$$x(t_0,\tau)=x_0(\tau),\quad \tau\in[0,\Theta],\quad x(t,0)=v(t),$$

(2)
$$\frac{\partial D}{\partial t}+\frac{\partial D}{\partial \tau}=D^2-\left[P(\tau)-\frac{1}{P(\tau)}\frac{dP}{dt}(\tau)\right]D$$

$$D(t_0,\tau)=D_0(\tau),\qquad \tau\in[0,\Theta],\qquad D(t,0)=w(t)$$

$$\frac{dw}{dt}=-\alpha(t)\int_0^{\Theta}D(t,\tau)x(t,\tau)d\tau+U(t),\qquad w(t_0)=w_0$$

где $x(t,\tau)$ - плотность особей возраста τ, $D(t,\tau)$ – коэффициент их смертности, а $w(t)$ – коэффициент смертности новых насаждений. Модель (2) при ряде предположений может быть преобразована к гораздо более простому линейному интегро-дифференциальному уравнению. Для упрощенной модели решены задачи о минимальных затратах и предельному быстродействию. Кроме того, решена задача о планировании лесовосстановительных работ для случая, когда имеются требования к плотности насаждений в каждый момент времени для всего периода рекультивации:

(3)
$$X(t)=\int_0^{\Theta}x(t,\tau)d\tau,$$

где $X(t)$ – требуемая плотность в момент t . Использование формулы (3) позволяет, при ряде дополнительных предположениях, значительно упростить модель (2).

4 Нелинейные задачи оптимизации процесса лесной рекультивации

Кроме линейных и сводящимся к линейным задач оптимального управления, были рассмотрены также более общие нелинейные постановки. Так, были использованы более точные, чем стандартные, нелинейные модели развития насаждений, основанные на логистическом уравнении и уравнении развития во враждебной среде. Несколькими численными методами был решен ряд задач нелинейного оптимального управления плотностью лесопосадок. Отдельной нелинейной задачей является задача управления при одновременной оптимизации процессов мелиорации существующих насаждений и лесопосадки. Были использованы различные подходы к решению нелинейных задач, основными из которых являются: сведение к задаче параметрической оптимизации, когда постулируется оптимальная форма изменения интенсивности рекультивации во времени; построение общего квазилинейного приближения; и пошаговая линеаризация. Поскольку, в конечном итоге, проблема сводится к решению многомерных систем нелинейных систем, используются специальные модификации Ньютона-Канторовича

Рис. 1 содержит сравнение результатов, полученных разными численными методами. Используя параметры модели, соответствующие одному из случаев рекультивации, были использованы различные методы решения полученной нелинейной задачи. Кривая 1 соответствует методу параметрической оптимизации; кривая 2 – использованию квазилинейного приближения; кривая 3 – методу пошаговой линеаризации.

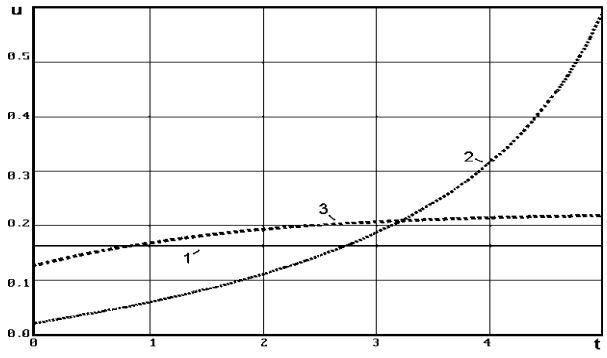


Рис. 1. Оптимальная интенсивность лесоустроительных, полученная при использовании различных методов решения задач управления

Строго говоря, во всех трех случаях нельзя говорить о нахождении оптимального решения для задачи в исходной постановке. В первых двух случаях задача заведомо видоизменялась с тем, чтобы ее решение могло быть получено с использованием соответствующего метода. В третьем случае можно надеяться, что полученное решение соответствует поставленной вначале задаче, но это не очевидно. Необходимо доказывать сходимость метода; и сходиться он может не к глобальному минимуму. Качество полученных решений естественно оценить их непосредственной постановкой в критерий оптимальности (1). Как и следовало ожидать, наилучшее решение получается методом пошаговой линеаризации.

Предложенный набор моделей и методов решения задач оптимального управления. может быть рассмотрен как достаточно универсальный инструмент, пригодный для широкого круга проблем рекультивации. Разработка такого рода инструментов считается актуальной задачей [10].

Литература

1. *Castelli K.R., Barreto M.G., Francesconi W.* Analysis of effectiveness of three forest interventionist techniques and proposal of a new and integrated model of forest restoration // Environmental Technology. – 2015. V. 36, № 21. – P. 2712-2723.
2. 10.1080/09593330.Mueller J.M., Springer A.E., Lima R.E. Willingness to pay for forest restoration as a function of proximity and viewshed // Landscape and Urban Planning. – 2018. V. 175. – P. 23-33.10.1016/j.landurbp
3. *Травлеев А.П.* Научные основы техногенной биогеоценологии // Биогеоценологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной зоны. – Днепропетровск, 1989.– С. 4-9.
4. *Чернышенко С.В.* Задачи оптимального управления процессами лесной рекультивации нарушенных земель // Экология и ноосферология. – 2003, Т.13, № 1–2. – С. 136–150.
5. *Fraser H., Rumpff L., Yen J.D.L.* Integrated models to support multiobjective ecological restoration decisions // Conservation Biology. – 2017. V. 31, № 6. – P. 1418-1427.10.1111/cobi.12939
6. *Чернышенко С.В*. Оптимальное управление численностью популяций при ограниченных ресурсах // Актуальные проблемы ЭВМ и программирования. – Днепропетровск, 1980. – С. 132–136.
7. *Красовский Н.Н.* Теория управления движением. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
8. *Чернышенко С.В.* Оптимизация процесса рекультивации в случае нескольких искусственных биогеоценозов // Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель. – Днепропетровск, 2003. – С. 236–251.
9. *Acorn A.G.* Alternative learning curves for cost estimating // Aeronautical J. – 1981, № 844. – P. 194-205.
10. *Christin Z.L., Bagstad K.J., Verdone M.A.* A decision framework for identifying models to estimate forest ecosystem services gains from restoration // Forest Ecosystems. – 2016. V. 3, № 3. 10.1186/s40663-016-0062

НОВЫЕ АСПЕКТЫ В ТРАКТОВКЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИИ ГОМПЕРТЦА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫЖИВАЕМОСТИ И РАЗВЕДЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ

Черепанов Г.Г.

ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных - филиал ФНЦ животноводства - ВИЖ им. ак. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл., Российская Федерация

Аннотация. Показано, что продолжительность продуктивной жизни в группах и популяциях молочных коров в значительной степени определяется уровнем жизнеспособности, сформированным к возрасту репродуктивной зрелости. Обоснованы биологические механизмы выявленной закономерности и перспективы использования полученных данных в системах ведения продуктивного животноводства.

Введение

Разработка программ научно-технологического развития имеет важнейшее значение для подотраслей АПК, обеспечивающих продовольственную безопасность, в том числе для молочного скотоводства. Учитывая ряд негативных тенденций в этой отрасли в РФ в плане сокращения численности популяций, качества, пищевой безопасности молочной продукции и рентабельности производства, целевым ориентиром должна стать задача создания и устойчивого воспроизводства популяций молочных коров нового типа со сбалансированным соотношением параметров продуктивности, жизнеспособности и плодовитости. Для этого нужны ясные количественные критерии для раннего прогнозирования племенных и продуктивных качеств и проведения скринингового исследования физиологического статуса животных на всех этапах онтогенеза.

Цель данной работы − анализ эмпирических данных по динамике выживаемости в неоднородной популяции молочных коров, выявление закономерностей в соотношении параметров функции

Гомпертца и формулирование на этой основе ориентиров для разведения и устойчивого воспроизводства популяций молочных коров нового типа.

Материал и методы

Для анализа выживаемости использован метод поперечного исследования; в качестве материала исследования использовали данные производственного учёта возрастного состава стада коров по региональным производственным подразделениям Ленинградской области в период 1985-1990 гг., усреднённые за 5 лет с целью компенсации отклонений от стационарности условий обновления стала. При этом последовательные возрастные группы представляют собой остатки соответствующих когорт (совокупностей генетически однородных особей одного и того же года рождения). Интенсивность выбытия из когорты (выбраковки по сумме причин) описывалась функцией Гомпертца:

$y_c(t)=\Delta S/(S\Delta t) =B \exp(ct)$,

где S − численность когорты в момент времени t (номер лактации), ΔS − величина уменьшения численности за отрезок Δt =1. В расчётах выживаемости использовали «усечённое» распределение Гомпертца − без учёта небольшого количества особей – «рекордных долгожительниц». Наибольшее значение t (номер последней завершённой лактации) в оставшейся части когорты принималось в качестве максимальной продолжительности продуктивной жизни.

Для проверки корректности этого приёма производилось сравнение приближённого решения (аппроксимация с использованием «усечённого» распределения, дискретной шкалы времени и численных расчётов) и точного аналитического прогноза по формуле:

T=c-1exp(e-c/(c/y1))*[Ei(e-c/(c/y1)) - Ei(e(tmax-1)c/(c/y1)],

где T – средняя продолжительность продуктивной жизни (порядковый номер лактации); y_1 – интенсивность выбытия на первой лактации, $Ei(x) = \int_x^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy$ – интегральная экспонента).

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что для практических целей можно использовать методику приближённого численного расчёта (Черепанов и др., 2017).

Результаты и обсуждение

Динамика выбытия коров из дойного стада в координатах интенсивность выбытия – номер лактации аппроксимировалась функцией Гомпертца при среднем значении R^2, равном 0,79 для 15 проанализированных производственных подразделений и в целом по области. При этом отмечен более высокий уровень вариабельности параметра B (интенсивность выбытия на первой лакта-ции), по сравнению с величиной c (для B и c относительный размах значений (max-min)/среднее арифм. = 0,76 и 0,48 соответственно).

Ранее были получены определённые основания для трактовки величины, обратной y_{c1} в качестве показателя, характеризующего потенциал жизнеспособности («сопротивляемости смертности» по Б. Гомпертцу) популяции или группы животных (Черепанов и др., 2017). Эта эмпирически выявленная закономерность подтверждается теоретическим анализом, т.е. аналитическим прогнозом зависимости средней продолжительности жизни T от интенсивности выбытия на первой лактации, $1/y_1$. Иными словами, различия в уровне жизнеспособности, сформированном к началу репродуктивной деятельности, могут определять (в среднем по группе или популяции) различия в показателях продолжительности продуктивной жизни животных, т.е. в значениях T и t_{max} (Cherepanov, 2018).

Эта взаимосвязь наиболее чётко выражена, если сравниваемые группы или популяции имеют схожие значения показателя экспоненты «c» в функции Гомпертца. Такое теоретически возможно в ситуации, если «темп старения», характеризуемый показателем экспоненты, определяется, в основном, устойчивыми генетическими факторами, в том числе породой. Поэтому было предположено, что исследованная популяция в целом характеризовалась одним и тем же значением c, а наблюдаемые вариации этого параметра в региональных подразделениях данной популяции объясняются либо статистической погрешностью полученных оценок, либо влиянием других факторов, например, гетерогенностью исследованных стад по параметру B. Определённым доводом в пользу этой трактовки можно считать линейную обратную взаимосвязь между параметрами c и B, установленную по 16 исследованным производственным группам: c = 0,19 - 0,45*B, R^2 = 0.70, P<0.001.

Для проверки корректности сделанных предположений были проведены расчёты по анализу выживаемости для четырёх модельных гетерогенных популяций, имеющих одно и то же значение параметра c=0.1, но различающихся по значению параметра B. В каждой из четырёх серий расчёта

варьировали значения *B* и начальную численность *N*. Для доказательства корректности исходных предположений требовалось по результатам расчётов показать следующее: 1) динамика интенсивности выбытия в четырёх вариантах общей популяции аппроксимируется функцией Гомпертца с достаточно высоким значением коэффициента детерминации, и 2) по четырём вариантам модельных популяций выявляется линейная обратная взаимосвязь между параметрами *c* и *B,* аналогичная установленной при анализе эмпирических данных.

Динамика интенсивности выбытия для четырёх модельных гетерогенных популяций аппроксимировалась функцией Гомпертца с высоким коэффициентом детерминации (R^2 = 0,81-0,92), значения показателя экспоненты *c* для этих гетерогенных популяций варьировали в пределах 0,079-0,113, при этом имела место отрицательная корреляция между значениями *c и B:* $c = -0.610*B + 0.264$, $R^2 = 0.96$, $P<0.001$.

Аналогичная отрицательная взаимосвязь выявлена по всему массиву из 16 модельных субпопуляций между средней длительностью продуктивной жизни *T* и параметром *B* в функции Гомпертца: $T = -6{,}73*B + 5{,}12$, $R^2 = 0{,}74$, $P<0.001$.

Результаты проведенного численного моделирования свидетельствует в пользу сделанного предположения о том, что в исследованной популяции коров «темп старения», характеризуемый показателем экспоненты в эмпирической функции Гомпертца, определяется, в основном, устойчивыми генетическими факторами, в том числе породными особенностями, тогда как фактически наблюдаемая популяционная вариабельность длительности продуктивной жизни животных в значительной степени зависит от «потенциала» жизнеспособности, сформированного к началу репродуктивного периода. На рисунке 1 в качестве иллюстрации с непрерывной шкалой времени показаны два варианта динамики жизнеспособности в когортах, имеющих разные значения параметра *B* (0,1 и 0,2) и одно значение *c* (0,2). Значения *t*, соответствующие достижению нижней границы защитных сил и исчерпанию соответствующих когорт (длительность продуктивной жизни) для двух вариантов равны 6,2 и 2,5 лактации.

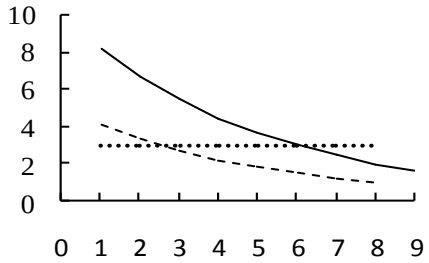


Рис. 1. Два варианта динамики жизнеспособности в когортах, имеющих разные значения параметра B (0,1 и 0,2) и одно значение c (0,2) в функции Гомпертца $y_c(t)$. По оси абсцисс– t (номер лактации), по оси ординат − показатель жизнеспособности (величина, обратная начальной интенсивности выбытия), $1/y_c(t)$. ..... − нижняя граница жизнеспособности, определяющая сроки исчерпания когорт.

Такая трактовка полученных результатов согласуется с данными научных исследований и эмпирических наблюдений, свидетельствующих о том, что «начальный» уровень жизнеспособности является результатом взаимодействия между генетически обусловленными эффектами и эпигенетическими модификациями, фиксирующимися в ответ на воздействие эндогенных и экзогенных факторов на этапах онтогенеза, предшествующих возрасту репродуктивной зрелости (Odent, 1986; Один, 2011; Вайсерман и др., 2011; Джагаров, 2018). Поскольку результат этих эффектов и взаимодействий зависит не только от наследуемых генетических структур, но и от «истории» событий, происходящих в критические периоды развития, то у коров рождаются потомки, а в стадах и в популяциях к началу репродуктивной зрелости возникают группы (субпопуляции) с разным потенциалом жизнеспособности.

Заключение

Для создания и устойчивого воспроизводства популяций молочных коров со сбалансированным соотношением параметров продуктивности, жизнеспособности и плодовитости нужны ясные количественные критерии для определения принадлежности животных к различным внутрипородным группам, субпопуляциям и породам, а также эффективные тесты для учёта биологических механизмов «взаимодействия генотипа и среды». Проведенное исследование динамики

выживаемости коров новые аспекты в трактовке параметров функции Гомпертца, которые можно использовать для ранней оценки племенных качеств животных, разработки критериев отбора, количественного прогнозирования и совершенствования управления стадом.

Величина, обратная интенсивности выбытия на первой лактации, характеризует потенциал жизнеспособности данной группы животных; различия в уровне жизнеспособности, сформированном к началу репродуктивной деятельности, могут определять (в среднем по группе или популяции) различия в показателях продолжительности продуктивной жизни животных.

Для получения достаточного поголовья молочного скота оптимального типа необходимо создавать систему мониторинга внешних воздействий и физиологического статуса животных на всех этапах онтогенеза, а также соответствующие технологии архивации и анализа данных для поиска прогностических тестов и разработки эффективных селекционных стратегий.

Литература

1. *Вайсерман А.М., Войтенко В.П., Мехова Л.В*. Эпигенетическая эпидемиология возрастзависимых заболеваний // Онтогенез, 2011, 42(1): 30-50.
2. *Один В.И.* Кризис геронтологии: к вопросу о первичном здоровье в XX веке // Успехи геронтологии, 2011, 24(1): 11-23.
3. *Черепанов Г.Г., Михальский А.И., Новосельцева Ж.А*. Оценка параметров выживаемости для составляющих неоднородной популяции продуктивных животных: анализ проблемы, варианты приближённого решения // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017, 4: 81-95.
4. *Cherepanov G.G*. Prediction of viability of cows: a new look at the old problem // Agr. Res. Techn. Open Access J. 2018, 14(5) DOI: 10.19080/ARTOAJ.2018.14.555931
5. *Odent M*. Primal Health. − London: Century Hutchinson, 1986.

ОЦЕНИВАНИЕ АНОМАЛИЙ БАЛАНСА ВИРТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ[112]

Ядыкин И.Б., Катаев Д.Е.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
jad@ipu.ru, dekataev@gmail.com,

Галяев И.А.

Московский физико-технический институт (НИУ),
Россия, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9
ivan.galyaev@yandex.ru

Аннотация: Сахарный диабет - метаболическое заболевание, которым страдают сегодня сотни миллионов людей. В настоящее время ведутся работы по созданию автоматических систем введения инсулина пациенту. В докладе рассмотрено использование метода энергетических функционалов для оценивания состояния пациента после получения позы инсулина.

Ключевые слова: грамианы, спектральные разложения, энергетические функционалы, поджелудочная железа, инсулин, глюкагон.

Введение

Сахарный диабет 1 типа — это хроническое заболевание, которое происходит, когда бета-клетки поджелудочной железы разрушаются, после чего организм не может вырабатывать достаточное количество инсулина для поддержания необходимого уровня глюкозы в крови. Чтобы поддерживать баланс уровня глюкозы, необходимо самостоятельно вводить инсулин на основе измерений концентрации глюкозы в крови и оценки содержания углеводов в пище. Цель состоит в том, чтобы держать уровень глюкозы в равновесии, избегая слишком высоких значений (гипергликемия) и слишком низкий (гипогликемия). В то же время появились новые технологии, которые уменьшают сложность лечения и обеспечивают лучшие результаты для здоровья в целом. Появление инсулиновых помп для обеспечения непрерывного введения инсулина позволила многим людям улучшить контроль уровня глюкозы, по сравнению с тем, что они могли раньше выполнять

[112] *Данная работа выполнена при поддержке гранта РНФ 19-19-00673*

несколько ежедневных инъекций инсулина. Эти насосы обеспечивают введение так называемого базального инсулина, что является низкой фоновой дозой инсулина, чтобы компенсировать прием пищи с высоким содержанием углеводов. Еще один важный технологический прорыв был связан с появлением непрерывного монитора глюкозы - устройства, которое использует подкожный электрод для измерения концентрации глюкозы в плазме крови. В сочетании с инсулиновыми насосами и мониторами глюкозы люди могут жить с диабетом в относительно комфортных условиях, и имеют возможность оказать гораздо большее влияние на свое здоровье, чем это было возможно ранее. Пациент наблюдает за концентрацией глюкозы, вычисляет дозу инсулина и использует насос для управления этой введением этой дозой. Возможность использовать информацию от датчиков глюкозы и инсулиновую помпу для автоматического управления уровнем глюкозы является той целью, которая при откроет новую эру в управлении диабетом. Искусственная поджелудочная железа позволит улучшить терапию лечения диабета с использованием алгоритма контроля и обеспечения автоматической дозировки инсулина. Многие варианты уже были испытаны в клинических исследования, причем некоторые даже проводятся в амбулаторных условиях.

1 Задача анализа баланса виртуальной энергии модели медико-биологической модели

1.1 Спектральное разложение виртуальной энергии

В работе определяется задача анализа баланса виртуальной энергии динамической системы через спектральные разложения квадрату H_2-матричной передаточной функции системы. Рассмотрим устойчивую стационарную непрерывную линейную динамическую систему со строго собственной передаточной функцией $G(s)$ и импульсной характеристикой $H(t)$. В этом случае все собственные значения этой системы лежат в левой полуплоскости, а конечные H_2-нормы передаточной функции определены и согласно теореме Парсеваля их нормы равны.

Используя результаты теории вычетов, интегралы в выражениях квадратов представимы в терминах суммы вычетов подинтегральной функции. Этот подход впервые был предложен в [1,2] на основе спектральных разложений системных грамианов, использующих матрицы Фаддеева. Бесконечный энергетический функционал выражает виртуальную энергию подсистемы, вызванную приложением импульса к ее входу. Вычисление спектрального разложения этой энергии позволяет определить время максимальной абсорбции инсулина на основании данных идентификации модели по данным измерений в реальном времени. Конечный энергетический функционал описывает эволюцию энергии во времени. Это дает возможность осуществлять прогноз развития процесса абсорбции инсулина.

1.2 Используемая модель поджелудочной железы

Рассмотрим модель кинетики подсистем, предложенную группой авторов работ [3,5]. Модель кинетики глюкозы, инсулина и глюкагона состоит из моделей кинетики релевантных подсистем поджелудочной железы, печени, пищеварительного тракта и кровеносной системы. Равновесным состоянием данной системы является ноль, и оно не входит в множество состояний, соответствующих живому организму. Таким образом, в рамках данной работы остается прибегнуть к поиску аномалий в результатах спектрального разложения виртуальной энергии системы при изменении дозы вводимого в систему инсулина.

2 Анализ баланса виртуальной энергии модели поджелудочной железы при различных дозах вводимого инсулина

В используемом сценарии симулируется возмущение начальными условиями такими, что концентрация глюкозы в плазме крови существенно выше, чем во внутриклеточном пространстве. Это призвано имитировать внутривенное питание. Также начальные условия имитируют одновременную инъекцию инсулина в диапазоне от 0 до 0.150 МЕ. На рисунке 1 представлены зависимости элементов P_i спектрального разложения виртуальной энергии, соответствующих i-ой моде, от вводимой дозы инсулина для мод 1 и 6 связывающих концентрации глюкозы в различных тканях и регулирующих их параметров, а также моды 8, полностью связанной с концентрацией инсулина в межклеточном пространстве.

Наибольший интерес представляет зависимость P_8, имеющей локальный минимум при дозировке около 0.055 МЕ. Симуляции показали, что по мере роста дозы в диапазоне значений слева от локального минимума P_8 происходит насыщение межклеточного пространства внешним инсулином, что приводит к существенному замедлению снижения его уровня вплоть до временной остановки данного процесса при дозе, соответствующей локальному минимуму. Это, как и ожидалось, также сопровождается ускорением снижения уровня глюкозы в плазме крови. Эксперименты с дозами,

превышающими 0.06 МЕ, т. е. справа от локального минимума приводили к ситуации, когда концентрация инсулина в межклеточном пространстве в первые часы моделирования начинала превышать начальное значение на фоне стремительного снижения уровня глюкозы в тканях до неприемлемо низких значений. Такую ситуацию можно интерпретировать как явную передозировку.

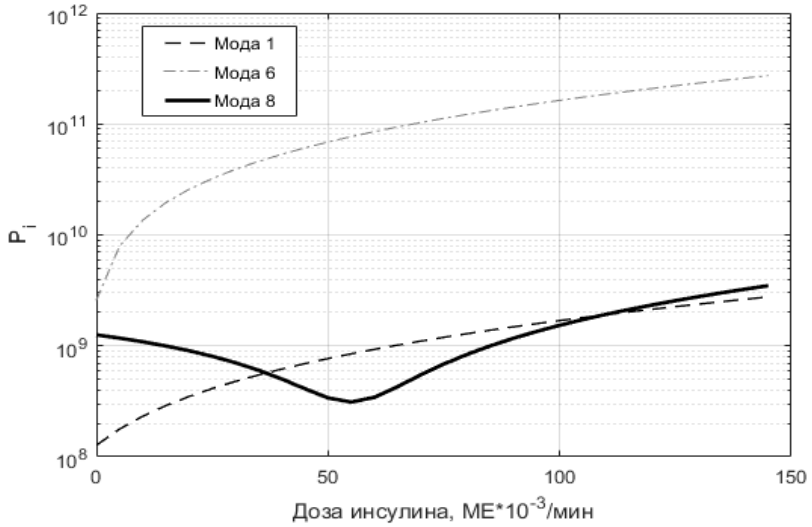


Рис. 1. Зависимость элементов спектрального разложения от вводимой дозы инсулина.

Заключение

Использованный спектральный метод позволил обнаружить аномалии в балансе виртуальной энергии модели поджелудочной железы в приведенном примере имитации передозировки инсулина при анализе на бесконечном интервале времени. Это дает основания полагать, что аналогичный анализ на конечном интервале времени, сопоставимом по масштабу исследуемым физиологическим процессам позволит обнаруживать, прогнозировать и численно оценивать эффекты тех или иных внешних воздействий на кинетику глюкозы в организме.

Литература

1. Yadykin I.B., Iskakov A.B., Akhmetzyanov A.V. Stability analysis of large-scale dynamical systems by sub-Gramian approach // Journal of Robust and Nonlinear Control. Special Issue: Fault Tolerant Control of Power Grids. Volume 24, Issue 8-9, 2014, p.1361–1379

2. Yadykin I.B., A.A.Galyaev On Computational Methods for Gramians of Continuous Dynamic Systems // Doklady Mathematics, 2013, Vol. 87, No.2/3, pp. 1–4.

3. Hovorka R. et al. Nonlinear model predictive control of glucose concentration in subjects with type 1 diabetes // Physiological Measurement. Vol.25,No 4, 2004, pp. 905–920

4. Yadykin Igor, Galyaev Ivan On the Usage of the Energy Functionals for Energy Balance Anomalies Detection of Human Body Organs. // 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD, Moscow, 2018, pp. 1-5.

5. Misgeld B.J. et al. Estimation of insulin sensitivity in diabetic göttingen minipigs // Control Engineering Practice,Vol.55, pp. 80 – 90,2016

СЕКЦИЯ 16: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ПРОГРАММЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аверина Т.А., Баркалов С.А., Смольянова О.Л.

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет",
Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября д.84
o.smolyanova@yandex.ru, ta_averina@mail.ru

Аннотация: в статье предложена модель распределения ресурсов в антикризисной программе организации с учетом приоритетности проектов для получения наибольшего совокупного эффекта.

Ключевые слова: антикризисная программа, приоритетность проектов, распределение ресурсов.

Технологии антикризисного управления направлены на предупреждение, профилактику, преодоление кризиса, снижение ущерба от его негативных последствий.

Антикризисная программа предполагает, что мониторинг кризисных факторов осуществляется постоянно. Прямой переход к антикризисной программе осуществляется на основе согласованного решения о наличии кризисных ситуаций в организации. Последовательность операций антикризисной программы можно представить следующим образом [1]:

Мониторинг и выявление кризисных факторов: мониторинг кризисных факторов по отделам компании; формирование групп для оценки состояния компании; детальный анализ организации: стратегические, финансовые и нефинансовые показатели, внешние и внутренние факторы, управленческий, производственно-экономический потенциал; выводы о текущем и потенциальном состоянии компании; принятие решения о переходе к проектным технологиям антикризисного управления.

1 проект. Разработка программы антикризисных мер: определение цели и задач программы; оценка разработки и альтернативных программ; определение времени начала и завершения проектов; определение необходимых ресурсов; формирование команд для реализации проектов.

2 проект. Реализация антикризисных мероприятий: формирование программы решений и распределение приоритетов; разделение ресурсов между задачами; определение ответственных за выполнение задач и проектов; разработка конкретных инструкций и поручений для исполнителей; поэтапная реализация задач; контроль результатов задач и проектов и программы в целом; периодический анализ показателей деятельности компании.

3 проект. Подведение итогов антикризисных мероприятий: анализ и тестирование результатов; контроль финансово-экономических показателей; переход на оперативное управление.

Продолжительность операции (стадии) проекта зависит от количества ресурсов и реализации факторов риска. Тогда ожидаемая продолжительность любой операции проекта D_j зависит от объема выделенных ресурсов, как показано ниже [2]:

$$D_j = D_{0j} \times \Pi(S_j)^{\lambda_j} \quad (1)$$

где: λ_j, $(-1 < \lambda_j \le 0)$ - эластичность продолжительности j-й операции по объему используемого ресурса, оценивается экспертами; D_{0j} - ожидаемая продолжительность операции j при минимальном выделение ресурса; S_j - объем ресурса, выделяемый на операцию j.

Введем следующие переменные:

$$\text{Bjt} = \begin{cases} 1, \text{если начало } j-\text{ой операции} \\ \text{запланированного на период } t \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (2)$$

Рекомендуется определять объем необходимых ресурсов по формуле:

$$h_t = \sum_{j=1}^{N} S_j P_{jt}, \ \forall t = 1, ...,T. \quad (3)$$

где: h_t, - необходимый запас ресурса в момент времени t; S_j - совокупный объем ресурса, выделяемый на операцию j; P_{jt} - полная вероятность активности j-ой операции в период t.

Кумулятивная функция распределения продолжительности *j*-ой операции $F_j(t)$. Начинаясь в момент t_1, j-ая операция имеет вероятность завершения к моменту t_2 равную $F_j(t_2 - t_1)$. При условии начала операции в момент t_1 вероятность ее активности к моменту t_2 равна $1 - F_j(t_2 - t_1)$.

Полная вероятность активности *j*-ой операции в течение периода *t* рассчитывается по следующей формуле [2]:

(4) $$P_{jt} = \sum_{t_1=1}^{t_2} B_{jt_1}(1 - F_j(t_2 - t_1) \quad ,\forall t_2 = 1,...,T;\forall j = 1,...,N.$$

При одинаковой эластичности операций распределение дополнительного объема ресурсов по операциям проектов происходит в соответствии с долей веса проекта. Разделение ресурсов между операциями внутри каждого проекта происходит в равных долях. При разной эластичности операций дополнительный объем ресурсов распределяется пропорционально эластичностям этих операций.

Приоритеты антикризисных проектов определяются путем попарного сравнения проектов с использованием метода анализа иерархий Томаса Саати.

Алгоритм модели определения приоритетности проектов следующий [3]:

1. Определить значения показателей по каждому проекту по группам: «Выгоды», «Издержки», «Возможности», «Риски».
2. Сформировать матрицы попарного сравнения проектов в срезе результатов их реализации, вычислить и провести нормирование их собственных векторов.
3. Определить с помощью экспертов весовые коэффициенты результатов реализации/невыполнения проектов внутри каждой группы: «Выгоды», «Издержки», «Возможности», «Риски».
4. Сгруппировать собственные вектора матриц и весовых коэффициентов в суперматрицу и вычислить коэффициенты приоритетности проектов в результате нормирования и возвести в предельные степени сформированной суперматрицы для каждого из блоков «Выгоды», «Издержки», «Возможности», «Риски».
5. Определить с помощью экспертов весовые коэффициенты влияния блоков «Выгоды», «Издержки», «Возможности», «Риски» на конечную цель реализации антикризисной программы проектов.
6. Расчет итоговых коэффициентов приоритетности проектов с учетом весовых коэффициентов групп «Выгоды», «Издержки», «Возможности», «Риски» и коэффициентов приоритетности проектов суперматрицы. Итоговое значение коэффициентов приоритетности вычисляется по формуле:

(5) ПРi = 1 + prioribыг + prioribозм. -prioriизд. - prioriриск

где $ПР_i$ - значение показателя приоритетности проекта; $prior_i^{выг.}$ - итоговый коэффициент выгод *i*-го проекта; $prior_i^{возм.}$ - итоговый коэффициент возможностей *i*-го проекта; $prior_i^{изд.}$ - итоговый коэффициент издержек *i*-го проекта; $prior_i^{риск}$ - итоговый коэффициент рисков *i*-го проекта.

Таблица 1. Эффективность сокращения продолжительности программы проектов при разной эластичности

Вложенные ресурсы, %	**Сокращение продолжительности в зависимости от вложенных ресурсов**				
	одинаковая эластичность операций				разная эластичность операций от -0,05 до -0,1 (средневзвешенная величина -0,09)
	-0,05	-0,07	-0,09	-0,1	
100	-	-	-	-	-
200	1,05%	1,22%	1,29%	1,30%	1,28%
250	1,37%	-	1,66%	-	1,66%
300	1,62%	1,88%	1,97%	1,98%	1,97%

По результатам распределения ресурсов в антикризисной программе (Таблица 1) сделаны следующие выводы.

Для всех величин эластичности, используемых в модели наблюдается тенденция меньшей эффективности снижения продолжительности при большем вложении ресурсов.

Чем больше продолжительность программы, тем эффективнее использование модели для сокращение ее срока.

В предлагаемой модели использование одинаковых эластичностей операций в целях сокращения продолжительности проектов является более эффективным преимущественно на 0,01-0,02%.,чем использование разных эластичностей.

Поэтому в предлагаемой модели распределения ресурсов в антикризисной программе целесообразнее использовать одинаковые эластичности продолжительности операций.

Литература

1. Воробьев А.А. Антикризисное управление промышленными предприятиями на основе проектных технологий : дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Воробьев Александр Андреевич. - Москва, 2014. - 179 с.

2. Аньшин В.М., Демкин И.В., Никонов И.М., Царьков И.Н. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности. - М.: Издательский центр МАТИ, 2007. - 117 с.

3. Сотникова А. В. Разработка моделей и метода распределения трудовых ресурсов в управлении реализацией портфеля ИТ-проектов : дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Сотникова Анита Витаутасовна. - Москва, 2015. - 145 с.

4. Аверина Т.А. Особенности антикризисного управления в строительной организации / *Т.А. Аверина, О.Л. Смольянова* / В сборнике: Математические методы и информационные технологии в моделировании систем. Материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Редколлегия: А.М. Сысоев [и др.]. 2019. С. 84-89.

5. *Аверина Т.А.* Антикризисное управление на основе инноваций / *Т.А. Аверина, В.А. Левочкин, И.Ф. Набиулин* / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 9. С. 190-193.

ЭКСПЕРТНЫЙ АЛГОРИТМ ПОДБОРА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ БЕЗРАБОТНЫХ

Азарнова Т.В., Аснина Н.Г., Бондаренко Ю.В., Каширина И.Л., Ухлова В.В.

Воронежский государственный университет,

Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д.1

ivdas92@mail.ru

Аннотация: В условиях динамически меняющейся ситуации на современных рынках труда актуальным является решение проблем обеспечения занятости и совершенствование технологий анализа и оценки эффективности программ профессионального обучения. В работе описан алгоритм подбора и получения прогнозной оценки эффективности программ профессионального обучения безработных.

Ключевые слова: программы профессионального обучения безработных, лингвистические технологии обработки информации.

Введение

Профессиональное обучение и переподготовка безработных представляют собой формы активной политики институтов рынка труда, которые направлена не только на решение задач текущего трудоустройства, но и имеют долгосрочную цель - формирование профессиональных компетенций, востребованных на рынке труда и позволяющих повысить уровень конкурентоспособности.

Оценка эффективности программ обучения является сложной многокритериальной проблемой. В качестве меры эффекта программ можно использовать заработную плату, полученную безработным при трудоустройстве и заработную плату, через год после выхода из службы занятости. Такая оценка позволяет оценить короткий и длительный эффект программ. Также используются показатели профессиональной мобильности после обучения.

В статье предложен экспертный алгоритм, который позволяет еще на уровне принятия решений о прохождении безработным конкретной программы обучения или переподготовки учесть многие аспекты, связанные: с соответствием его уровня подготовленности необходимому базовому уровню для участия в программе, с привлекательностью для него программы и с многокритериальным эффектом, который может быть достигнут в результате прохождения программы. Применение данного аппарата приведет к повышению адекватности выбора программ и с позиции службы занятости и с позиции безработных [3], что в свою очередь будет способствовать повышению эффективности реализации активных программ профессионального обучения и переподготовки безработных

1 Экспертный алгоритм оценки эффективности программ

В данном разделе приведем алгоритм, лежащий в основе информационной аналитической системы оценки эффективности программ профессионального обучения безработных.

Шаги выполняются администратором при настройке параметров алгоритма и респондентом при выполнении оценочных процедур.

Шаг 1 (*администратор*). Строится информационная иерархия, для оценки уровня соответствия определенной профессии.

Шаг 2 (*администратор-эксперт*). С помощью метода анализа иерархий Саати (МАИ) [9] вычисляются веса важности (значимости) критериев различных уровней иерархии. (Первого уровня $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_7$, второго уровня - $\beta_{41}, ..., \beta_{4n}$, $\beta_{51}, ..., \beta_{5m}$, $\beta_{61}, ..., \beta_{6p}$, $\beta_{71}, ..., \beta_{7h}$).

Шаг 3 (*администратор*). Критерии информационной иерархии представляются в виде лингвистических переменных $\langle K, T, U \rangle$ (K - название переменной, $T = \{T_1, T_2, ..., T_N\}$ - терм множество лингвистических значений переменной). Каждое значение лингвистической переменной описывается как нечеткое подмножество базового множества U .).

С помощью процедуры интервальной расшифровки результатов тестов администратором строятся функции принадлежности $\mu_{T_j}(u)$ термов T_j, удовлетворяющая следующим условиям: терм, имеющий меньший номер имеет левее расположенный носитель; $\mu_{T_1}(u_{\min}) = 1$, $\mu_{T_N}(u_{\max}) = 1$, u_{min} - минимальное значение шкалы, u_{max} - максимальное значение шкалы; $\forall i (i+1 \le N)$ $0 < \max\limits_{u \in U} \mu_{T_i \cap T_{i+1}}(u) < 1$; $\forall i$ $\exists u \in U : \mu_{T_i}(u) = 1$; $\forall T_i$ $\sum\limits_{u \in U} \mu_{T_i}(u) > 1$. ($\mu_{T_j}(u)$ интерпретируется как мера соответствия количества баллов $u \in U_i$ значению T_j). Значение функции $\mu_{T_j}(u)$ для $u \in U_i$ интерпретируется как мера соответствия $u \in U_i$ уровню T_j.

Шаг 4 (*администратор*). По каждому критерию информационной иерархии вводятся лингвистические результирующие переменные: Y_0, Y_1, Y_2, Y_3 - степень удовлетворительности респондента по критериям K_0, K_1, K_2, K_3; $Y_{41}, Y_{42}, ..., Y_{4n}$ - степень удовлетворительности респондента по профессиональным знаниям $K_{41}, K_{42}, ..., K_{4n}$; $Y_{51}, Y_{52}, ..., Y_{5m}$ - степень удовлетворительности респондента по функциям профессионального стандарта $K_{51}, K_{52}, ..., K_{5m}$; $Y_{61}, Y_{62}, ..., Y_{6p}$ - степень удовлетворительности респондента по качествам $K_{61}, K_{62}, ..., K_{6p}$; $Y_{71}, Y_{72}, ..., Y_{7h}$ - степень удовлетворительности респондента с точки зрения не обладания качествами $K_{71}, K_{72}, ..., K_{7h}$. Все лингвистические результирующие переменные имеют терм-множеств $S = \{S_1, S_2, ..., S_7\}$ (S_1-«не удовлетворяет», S_2 - «очень низкая степень удовлетворительности», S_3-«низкая степень удовлетворительности», S_4-«средняя степень удовлетворительности», S_5-«высокая степень удовлетворительности», S_6-«очень высокая степень удовлетворительности», S_7-«удовлетворяет») и базовое множество $X = \{0;0,1;0,2;0,3;...;0,9;1\}$.

Шаг 5 (*администратор*). По каждому критерию информационной иерархии строятся правила нечеткого логического вывода вида «D_k: если $K_i = T_j$, то $Y_i = S_l$» (T_j принадлежит терм-множеству критерия K_i, а S_l принадлежит терм-множеству результирующей переменной)

(*Респондент*). Степень соответствия респондента каждому правилу вычисляется как мера принадлежности нечеткой импликации $\mu_{D_k}(u, x) = \min\{1, 1 - \mu_{T_j}(u) + \mu_{S_l}(x)\}$, $u \in U_i$, $x \in X$). Рассчитывается мера $\mu_D(u_k, x)$ принадлежности пересечению правил $D = \bigcap\limits_k D_k$, характеризующая меру соответствия объекта u совокупности правил. Точечная оценка удовлетворительности респондента u по критерию K_i строится через α - уровневые множества [15] ($\alpha \in [0,1]$) по пересечению D. Интервал $[0,1]$ делится на интервалы: $[\alpha_0, \alpha_1), [\alpha_1, \alpha_2), ..., [\alpha_{p-1}, \alpha_p]$, где $\alpha_0 = 0$, $\alpha_1 = \min\limits_{x \in J} \mu_D(x, u)$, $\alpha_1 = \alpha_0 + 0,1; ...; \alpha_{p-1} = \alpha_{p-2} + 0,1$; $\alpha_p = \max\limits_{x \in J} \mu_D(x, u)$. По каждому интервалу строится α-уровневое множество $C_{\alpha_i}, i = 1, ..., p$ $C_{\alpha_i} = \{x \in J : \mu_D(u, x) \ge \alpha_i\}$ длины $d\alpha = \alpha_i - \alpha_{i-1}$.

Вычисляется среднее значение для множества C_α : $M(C_\alpha)=\frac{1}{|C_\alpha|}\sum_{x\in C_\alpha} x$. Результирующая точечная оценка удовлетворительности респондента u относительно критерия K_i вычисляется через интеграл: $E_i(u)=\frac{1}{\alpha_p}\int_0^{\alpha_{\max}} M(C_\alpha)d\alpha$. В результате выполнения данного шага по всем критериям K_0, K_1, K_2, K_3, $K_{41}, K_{42},..., K_{4n}$, $K_{51}, K_{52},..., K_{5m}$, $K_{61}, K_{62},..., K_{6p}$, $K_{71}, K_{72},..., K_{7h}$ будут сформированы точечные оценки $E_0(u), E_1(u), E_2(u), E_3(u)$, $E_{41}(u), E_{42}(u),..., E_{4n}(u)$, $E_{51}(u), E_{52}(u),..., E_{5m}(u)$, $E_{61}(u), E_{62}(u),..., E_{6p}(u)$, $E_{71}(u), E_{72}(u),..., E_{7h}(u)$.

Шаг 6 (*респондент*). Для респондента вычисляется обобщенная точечная оценка

$$E(u)=\alpha_0 E_0(u)\alpha_1 E_1(u)+\alpha_2 E_2(u)+\alpha_3 E_3(u)++\beta_{41}E_{41}(u)+...+\beta_{4n}E_{4n}(u)+\beta_{51}E_{51}(u)+...$$
$$+\beta_{5m}E_{5m}(u)++\beta_{61}E_{61}(u)+...+\beta_{6p}E_{6p}(u)+\beta_{71}E_{71}(u)+...+\beta_{7h}E_{7h}(u)$$

соответствия профессии. Точечная оценка $E(u)$ переводится в значение результирующей лингвистической переменной с терм-множеством $S=\{S_1, S_2,..., S_7\}$. Лингвистическое значение определяется методом простого перебора.

Шаг 7 (*респондент*). Оценивается привлекательность профессии для респондента. Для оценки используются лингвистические критерии: L_1- привлекательность по межличностному взаимодействию; $L_{21},..., L_{2m}$- привлекательность по функциям профстандарта; L_3- привлекательность профессиональной области; L_4-привлекательность с позиции доминирующего интереса; L_5 - привлекательность условий работы; L_6 - привлекательность прогнозируемой заработной платы. Рассматриваемые критерии измеряются в лингвистической шкале F = { F_1-«не привлекательна», F_2-«очень низкая степень привлекательности», F_3- «низкая степень привлекательности», F_4- «средняя степень привлекательности», F_5 - «высокая степень привлекательности», F_6-«очень высокая степень привлекательности», F_7-«привлекательна»}.

Для агрегирования оценок привлекательности по отдельным критериям используется порядковый OWA-оператор агрегирования [2] $\Phi = Agg(L_1,..., L_6)$.

Веса $W=(w_1,..., w_n)$ вычисляются через квантор «большинство»

Лингвистический OWA-оператор осуществляет агрегирование информации в соответствии со следующей формулой:

$$\Phi_W(L_1,..., L_n)=C^n\{(w_k, P_k), k=1,..., n\}=w_1\otimes P_1\oplus C^{n-1}\{(\beta_h, P_h), h=2,..., n\},$$

где $P=(P_1,\ldots,P_6)$ - вектор, полученный упорядочением по невозрастанию из $L=(L_1,..., L_6)$, $\beta_h=\frac{w_h}{\sum_{k=2}^{n} w_k}, h=2,..., n$, C^n - комбинация n термов. При $n=2$ комбинация C^n принимает вид

$$C^2\{w_i, P_1, P_2\}=w_1\otimes \mathrm{P}_1\oplus(1-w_1)P_2=F_k,\ P_1=F_j,\ P_2=F_i,\ j\geq i; k=\min\{n, i+round(w_1(j-i))\}.$$

Шаг 8 (Эксперт). Если полученные на шаге 6 и на шаге 7 лингвистические значения удовлетворяют соответствующим границам, то имеет смысл рекомендовать программу профессионального обучения или переобучения. При выборе программы оценивается ее ожидаемый эффект для респондента. Процесс обучения может затронуть не все критерии информационной иерархии, в дальнейшем рассматриваются только те критерии, которые могут измениться в процессе обучения.

Каждому из реагирующих на обучение критериев K_i эксперт назначает лингвистическую переменную изменение ΔK_i, терм множество которой имеет вид T = { T_1-«нет изменения», T_2-

«слабо значимое изменение», T_3 -«средне значимое изменение», T_4 -«сильно значимое изменение», T_5 -«очень сильно значимое изменение», T_6 -«абсолютное изменение»}

В качестве базовой шкалы рассматривается 9-бальная шкала Саати. Значение критериев после обучения вычисляется как:

$$K_i' = K_i \circ \Delta K_i,\ \mu_{K_i'}(x) = \sup_{t \in U_{\Delta K_i}} \min\left\{\mu_{\Delta K}(t), \mu_{K_i}\left(\frac{x}{t}\right)\right\}.$$

Заключение

Описанный в данной статье алгоритм может выступать в качестве средства поддержки принятия решений при выборе программ профессионального обучения и переподготовки безработных в службе занятости населения.

Литература

1. *Азарнова Т.В.* Методы оценки полезности участия безработных в активных программах профессионального обучения // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т.4. №11.-С.106-109.
2. *Yager R.R.* /Aggregation operators and fuzzy systems modeling, Fuzzy Sets and Systems, 67 (1994)

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ

Апатова Н.В., Остапенко И.Н., Усенко Р.С.

Институт экономики и управления (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул.Севастопольская 21/4

apatova@list.ru, i.n.ostapenko@mail.ru, r_usenko@rambler.ru

Аннотация: в работе предложен подход к оценке целесообразности инвестирования в человеческий капитал в рамках развития интеллектуального капитала социально-экономических систем. Предложены нелинейные математические модели оценки целесообразности инвестирования в человеческий капитал ВУЗа на основе логистической регрессии и нейронных сетей. Предлагается использовать данную методику для диверсификации вложений при формировании инвестиционного портфеля подразделений ВУЗа.

Ключевые слова: человеческий капитал, интеллектуальный капитал, инвестиционный портфель, логистическая регрессия, нейронные сети.

Рынок интеллектуального капитала (ИК) не может по какому-то определённому алгоритму удовлетворить инвестора. Если не считать единичных гениев, очень талантливых специалистов или просто обязательных исполнительных специалистов в определённой области, все остальные потенциальные сотрудники только с определённой вероятностью могут влиять на доходность организации, её конкурентоспособность при вложении в них капитала, другими словами инвестировании в интеллектуальный ресурс. Заметим, что вкладывать можно не только финансы, но и личное время, время других сотрудников, душевные силы и т.п.

Даже отдача от гениев и талантов зависит от капризов «человеческого фактора» (например, на определённом этапе развития своего интеллектуального потенциала индивид теряет мотивацию, или происходит переоценка ценностей). На рынке человеческого капитала наблюдается постоянная конкуренция: доход каждого инвестора часто зависит от того, сколько другие работодатели готовы инвестировать в определённый момент времени неопределенного будущего в ЧК, а поведение большого числа других инвесторов никто не может ни проконтролировать, ни даже предсказать с достаточной степенью достоверности. Однако, работодатели, инвестирующие в человеческий ресурс, да и, в общем, в интеллектуальный капитал, могут управлять риском, который они на себя берут.

Целью данного исследования является разработка методики оценки целесообразности инвестирования в человеческий капитал ВУЗа на основе логистической регрессии и нейронных сетей.

В процессе формирования «инвестиционного портфеля» ИК организации возникает проблема оценки вероятности «отдачи» от вложений или риска. В рамках решения этой задачи можно применить логистическую бинарную регрессию [1, 2].

Пусть $F_1, F_2, ..., F_n$ - факторные признаки. Y – результативный бинарный признак: $Y \in \{0;1\}$. Поставим перед собой задачу определения вероятности принадлежности объекта исследования к одному из двух классов.

Приведём примеры использования бинарной регрессии:

- выдача кредита – отказ в выдаче кредита – решение задачи кредитного скоринга на основании указанных в заявлении на предоставление кредита значений факторов $F_1, F_2, ..., F_n$ прогнозируется значение результативного признака, принимающего только два значения: Y=1, если клиент «благонадёжный» и Y=0 – в противном случае;
- операторы связи – решение проблем, типа выставленный счёт: оплата клиентом, при этом Y=1, если клиент не собирается менять оператора и Y=0 – переход клиента к конкурентам;
- задача замены оборудования: по показаниям приборов $F_1, F_2, ..., F_n$ решается задача прогнозирования бесперебойной работы оборудования на определённый период времени;
- отклик на рекламу: Y=1, если покупатель приобрёл некоторый товар или услугу и Y=0 – потенциальный покупатель не совершил покупку;

В случае решения задачи инвестирования в интеллектуальный капитал, в частности в человеческий капитал, необходимо выбрать конкретные факторные признаки, характеризующие объект инвестирования. Заметим, что они выбираются сугубо для конкретной организации с учётом её стратегических целей и тактических мероприятий. Среди факторов могут быть: пол, уровень интеллекта, уровень творчества, участие в конференциях, семейное положение, количество детей, жилищные условия и т.д.

Выделим несколько основных факторов, которые оказывают влияние на оцениваемый параметр:

- Уровень знаний и умений по специальности (F_1);
- Самообразование (в плане регулярности повышения уровня информационной культуры - F_2);
- Возраст сотрудника (F_3).

Заметим, что оценка уровня знаний и умений по специальности и самообразования может быть осуществлена экспертным методом (эксперты – сам сотрудник, коллеги, заведующий кафедрой).

В данной задаче, в качестве бинарной результирующей переменной может выступать результативность деятельности сотрудника («эффект - отдача»). Данная переменная будет принимать значения Y=1, в случае если имеется эффект от инвестиций (авторские свидетельства, патенты, публикации в Scopus, Web of Science и т.п.), и Y=0 – эффект от инвестиций отсутствует. Исходные данные входных переменных и результирующая переменная представлены в таблице 1.

Таблица 1. Оценка результата деятельности сотрудников

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1	45	62	52	92	78	30	48	74	64	56
F_2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2
F_3	52	32	36	34	41	50	60	67	38	56
Y	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F_1	75	36	45	98	42	30	58	86	35	54
F_2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	1
F_3	57	48	28	37	36	44	46	62	42	47
Y	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0

Для оценки влияния указанных признаков на результирующую бинарную переменную можно воспользоваться методом математического моделирования, основанном на использовании уравнения логистической регрессии. Логистическая модель позволяет оценить вероятность $P(Y \mid F)$ бинарного результата зависимой переменной (Y) в зависимости от значений независимых переменных. В нашем случае наличия трех независимых переменных можно использовать следующую формулу [3,4]:

$$(1) \quad P(Y \mid F) = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 F_1 + b_2 F_2 + b_3 F_3)}}$$

Коэффициенты модели можно рассчитать с использованием программного инструментария пакета Statistica (для данных целей можно использовать модуль Nonlinear Estimation). Соответственно, для исходных данных можно использовать формулу со следующими коэффициентами логистической регрессии:

(2) $$P(Y \mid F) = \frac{1}{1 + e^{-(-35{,}375 + 0{,}793F_1 + 3{,}700F_2 - 0{,}334F_3)}}$$

При рассчитанном значении вероятности $P(Y \mid F) > 0{,}5$ делается вывод о том, что прогнозируемое значение зависимой переменной должно быть Y=1. В случае рассчитанного значения вероятности $P(Y \mid F) \le 0{,}5$ делается противоположный вывод (Y=0).

На основании данных, представленных на рисунке 1 (фактические значения зависимой переменной Y и ее прогнозные значения) можно сделать вывод о том, что точность разработанной логистической модели составляет около 95%, она корректно предсказала 19 значений зависимой величины.

№	F1	F2	F3	Y	Логистическая регрессия $P(Y \mid x)$
1	45	1	52	0	0,000
2	62	2	32	1	1,000
3	52	2	36	1	0,772
4	92	2	34	1	1,000
5	78	2	41	1	1,000
6	30	1	50	0	0,000
7	48	1	60	0	0,000
8	74	2	67	1	1,000
9	64	1	38	1	0,998
10	56	2	56	0	0,092
11	75	1	57	1	1,000
12	36	1	48	0	0,000
13	45	2	28	0	0,160
14	98	2	37	1	1,000
15	42	1	36	0	0,000
16	30	2	44	0	0,000
17	58	2	46	1	0,933
18	86	2	62	1	1,000
19	35	2	42	0	0,000
20	54	1	47	0	0,990

Рис.1. Результаты расчета по логистической регрессии

Еще одним инструментом, который достаточно хорошо аппроксимирует нелинейные отношения являются нейронные сети [5]. Поскольку нейронная сеть объединяет в себе большое количество нейронов, она представляет собой мощное средство моделирования, которое позволяет воспроизводить достаточно сложные зависимости. Среди явных преимуществ использования нейронных сетей можно выделить следующие: большой сектор использования данного инструментария в различных отраслях науки и производства (анализ данных, оптимизация, прогнозирование, маркетинговая деятельность и реклама, работа с изображениями, аудио и видео ресурсами и т.д.).

Для решения нейросетевой задачи может быть использован программный инструментарий пакета Statistica (модуль STATISTICA Automated Neural Networks (SANN)). В соответствии с рисунком 2 видно, что рассчитанные нейронные сети позволяют выполнить моделирование по исходным данным с точностью до 100%.

Сравнивая результаты можно сделать вывод о том, что использование нейронных сетей является наиболее точным методом моделирования сложных нелинейных зависимостей.

	Predictions spreadsheet for Y (Data logit regression.sta) Samples: Train, Test, Validation					
Case name	Sample	F1 Input	F2 Input	F3 Input	Y Target	Y - Output 1. MLP 3-3-1
1	Train	45	1	52	0,000000	-0,000000
2	Train	62	2	32	1,000000	1,000000
3	Train	52	2	36	1,000000	1,000000
4	Train	92	2	34	1,000000	1,000000
5	Validation	78	2	41	1,000000	1,000000
6	Train	30	1	50	0,000000	-0,000000
7	Train	48	1	60	0,000000	-0,000000
8	Validation	74	2	67	1,000000	1,000000
9	Train	64	1	38	1,000000	1,000000
10	Train	56	2	56	0,000000	0,000000
11	Validation	75	1	57	1,000000	0,997321
12	Train	36	1	48	0,000000	-0,000000
13	Train	45	2	28	0,000000	-0,000000
14	Train	98	2	37	1,000000	1,000000
15	Train	42	1	36	0,000000	0,000000
16	Train	30	2	44	0,000000	0,000000
17	Test	58	2	46	1,000000	0,999966
18	Test	86	2	62	1,000000	1,000000
19	Test	35	2	42	0,000000	0,000000
20	Train	54	1	47	0,000000	0,000000

Рис.2. Таблица предсказанных значений

Описанный подход может быть достаточно сложен для специалистов, не умеющих использовать инструментарий нейронных сетей. Наиболее простым способом моделирования бинарных зависимостей может быть использование уравнения логистической регрессии, характеристики

которой могут быть получены даже в результате расчетов, например, в табличном процессоре Excel. Разработанная методика является основой системы поддержки принятия решений, позволяющей осуществлять стратегическое развитие ВУЗа на основе эффективного инвестирования в его человеческий капитал.

Литература

1. *Зинченко А.А.* Оценка персонала с использованием бинарной регрессии // Вестник Финансового университета. 2015. № 2 (86). С. 135-141.
2. *Полтаржицкая О.Б.* Моделирование риска увольнения сотрудников организации с помощью логистической регрессии // Научные стремления. 2016. № 20. С. 187-191.
3. *Hosmer D.W., Lemeshow S., Sturdivant R.X.* Applied Logistic Regression. A Wiley-Interscience Publication, 2000. – 375 с.
4. *Harrel F.E.* Regression modeling strategies. N. Y.: Springer, 2001.
5. *Хайкин, С.* Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ.

ЛАТЕНТНЫЕ ФАКТОРЫ УЧАСТИЯ В ПРОТЕСТЕ: БАЗОВАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Ахременко А.С.[1], Петров А.П.[2], Юрескул Е.А.[3]

[1]НИУ Высшая школа экономики, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д. 20
[2]Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Россия, г. Москва, Миусская пл. д.4
[3]НИУ Высшая школа экономики, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д. 20
aakhremenko@hse.ru, petrov.alexander.p@yandex.ru, eyureskul@hse.ru

Аннотация: В настоящей работе предлагается агентная модель участия в протесте, учитывающая латентные факторы: индивидуальное недовольство, риск репрессий и коллективную веру в успех. Мы проводим численный эксперимент и оцениваем распределения числа протестующих с учетом различных начальных условий.

Ключевые слова: протест, репрессии, состязательная политика, коллективное действие.

Введение

Современные восстания многодневны. Количество участников может существенно варьироваться день ото дня. Эта динамика является одной из основных характеристик процесса: нарастание численности или его отсутствие помогают оценивать вероятность того или иного исхода восстания. Поэтому мы ставим целью построение модели, учитывающей факторы, ответственные за изменение численности участников в масштабе времени ото дня ко дню. Основные из них – это вчерашнее количество участников, создающее ожидания относительно сегодняшнего количества, уровень репрессий против участников и уровень насилия со стороны самих участников. В центре модели лежит принятие индивидом решения о том, идти ли ему «сегодня» на акцию. Существующие модели участия в протесте апеллируют к макро-переменным, однако не учитывают индивидуальную мотивацию к участию [1]. Классическая модель недовольства и рисков также не учитывает особенности индивидов, которые еще не участвуют в протесте [2]. Мы предполагаем, что индивид должен получить селективный стимул к участию, чтобы обладать достаточной мотивацией [3]. Также следует отметить, что теория рационального выбора не учитывает влияния эмоций на политическое участие [4], а ретроспективная мотивация, как правило, учитывается только в менее конфликтных областях политики [5]. Наконец, в рамках теории рационального выбора не учитываются незначительные различия в индивидуальных функциях полезности [6]. При этом, в принципе, надо учитывать, что мотивы к участию не являются равномерно «размазанными» по социуму, а концентрируются в окрестности индивидов, установочно доступных для участия. Этот механизм концентрации мотивов обеспечивается эхо-камер, формируемых в результате взаимодействий между индивидами [7-9].

1 Описание модели

Модель представляет собой динамическую систему, при проведении вычислительного эксперимента используются элементы дизайна, характерного для мультиагентного (multiagent, agent-based) моделирования. Ключевая динамическая переменная, определяемая в модели эндогенно –

количество протестующих $P(t)$, единица измерения – тысяча человек. Ключевая динамическая переменная, определяемая экзогенно, – «жесткость» репрессий $s(t) = [0, 1]$. Условно говоря, при $s = 0.1$ мы говорим об угрозе оформления административного протокола, при s = 0.9 –об угрозе получения увечий или длительного срока тюремного заключения. Вероятность пострадать от репрессий (в случае их наличия, т.е. при $s(t) > 0$) определим следующим образом: $q(P) = e^{-P}$. Следовательно, $0 \le q \le 1$. Так, при малом числе участников (например, 50 человек) эта вероятность очень высока: $q(0.05) = e^{-0.05} = 0.95$. Индивидуальное неприятие риска (risk aversion) зависит от вероятности подвергнуться репрессиям и их интенсивности: $\omega(s,q) = 1 - e^{-100sq}$. Данная спецификация предполагает, что даже «мягкие» репрессии могут послужить сильным мотивом к неучастию в протесте, если вероятность пострадать от них очень высока. Например, при $s = 0.2$ и $q = 0.7$ неприятие риска почти максимально. Пусть a – гнев (anger), вызванный двумя типами причин: те, что привели к протесту, вроде фальсификации выборов, $a_0 = const$, а также связанные с репрессиями против протестующих, причем мы считаем важными в данном случае сам факт и жестокость репрессий, а не вероятность пострадать от них, то есть $a_1 = s$. Положим, что гнев равен их полусумме: $a = (a_0 + s)/2$, $0 \le a \le 1$. Веру в способность добиться поставленной цели данной политической группой (group efficacy belief) обозначим b и запишем:

$$b(P) = \exp(k(P - P_0)) / \left[1 + \exp(k(P - P_0))\right].$$

Для определения k мы на данный момент берем в качестве ориентира $P_0 = 100$; если численность участников превышает 100 тыс. человек, то они оценивают шансы на победу выше, чем 0.5 При таком подходе $k = 0.01$. Уровень идентификация участника с протестным движением (identification with the movement) обозначим d; в теории она зависит от s, но мы пока положим ее постоянной в течение самого восстания. Примем, например, $d = 0.5$

Мотив к участию зависит от гнева, веры в успех и групповой идентификации:

$$M_{ac}(t+1) = 0.5a(t)b(t)(1 + d(t)),$$

где множитель 0.5 нормирует M_{ac} на единицу. Имеем

$$M_{ac}(t+1) = 0.375(a_0 + s(t))\frac{\exp(0.01P(t) - 1)}{1 + \exp(0.01P(t) - 1)}$$

Рассматривая мотив к неучастию, положим:

$$M_{ia}(t+1) = 1 - \exp\left[-100s(t)e^{-P(t)}\right]$$

Латентная позиция λ(t) является количественной характеристикой готовности индивида к участию в протесте. Она складывается из двух компонент: долгосрочной установки φ и $\varphi + \psi(t) =$ динамической компоненты латентной позиции ψ(t), то есть:

$$\lambda = \varphi + \psi(t),$$

где динамическая компонента равна разности мотива к участию и мотива к неучастию:

$$\psi(t) = M_{ac}(t) - M_{ia}(t).$$

Латентная позиция проявляет себя в манифестируемой позиции p, принимающей два значения: если $\lambda(t) \le 0$, то p=0 (данный индивид не участвует в протесте); если $\lambda(t) > 0$, то p=1 (данный индивид участвует в протесте). Манифестируемая позиция наблюдается другими индивидами и, соответственно, входит в их мотивацию к участию или неучастию. Всем индивидам доступно достоверное знание об общем числе протестующих, вычисляемом как:

$$P(t) = \int_{-\psi(t)}^{\infty} n(\varphi)\, d\varphi$$

Относительно начального условия положим, что в начальный момент времени еще нет ни участников, ни репрессий, т.е. $P(0) = s(0) = 0$, тогда

$$\psi(1) = M_{ac}(1) - M_{ia}(1) = 0.375a_0 \exp(-1) / \left[1 + \exp(-1)\right] = 0{,}101a_0 .$$

2 Численный эксперимент

На данном этапе работы с моделью основной задачей вычислительного эксперимента была проверка модели на адекватность путем расчета нескольких содержательных сценариев развития протеста. Конкретнее, было протестировано распределение числа протестующих в стационарном режиме ($P(t=\infty)$) в зависимости от «жесткости» репрессий *s*. Мы используем комбинированный дизайн: в части расчета мотивации $\psi(t)$ модель работает как единая динамическая система, в то время как постоянная установка φ индивидуальна для каждого из индивидов. Пусть имеется популяция из 100 индивидов, гетерогенных по установке $\varphi \in (-1;0)$. Модель инициализируется случайными значениями установки, распределенными по равномерному закону. Эти значения обновляются в начале каждого эксперимента (repetition). Таким образом, здесь мы используем простейшую версию метода Монте-Карло. Результаты по 1000 экспериментов рамках каждой серии обрабатываются методами описательной статистики. При анализе результатов обратим внимание прежде всего на качественные характеристики распределения числа протестующих при разных значениях *s*. На рисунке 1 приводятся гистограммы для *s* = 0, 0.4 и 0.9 соответственно.

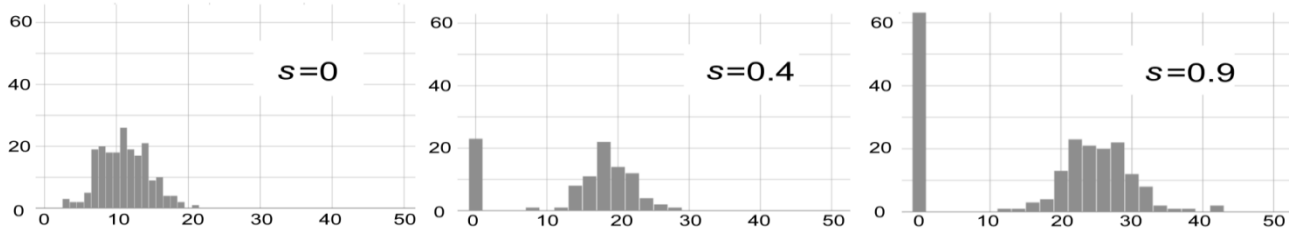


Рис. 1. Равновесное распределение числа протестующих при различном уровне репрессий

По итогам численного эксперимента мы наблюдаем именно то качественное свойство, которое было заложено на уровне концептуализации и которое соответствует нашим ожиданиям и литературе по поводу влияния репрессий на протестную активность. С увеличением репрессивного давления все более четко очерчиваются два противоположных сценария развития протестного движения: провал или успех, вплоть до революционной смены власти в государстве. Какие условия способствуют реализации одного и другого сценария? Именно на этот вопрос должно ответить дальнейшее исследование предложенной нами модели.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 18-011-01134).

Литература

1. Klandermans, B., 1984. Mobilization and participation: Social-psychological expansisons of resource mobilization theory. American sociological review, pp.583-600.

2. Epstein, J.M., 2002. Modeling civil violence: An agent-based computational approach. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99 (suppl 3), pp.7243-7250.

3. McAdam, D., 1986. Recruitment to High-Risk Activism: The Case of Freedom Summer. American J of Sociology, Vol.92, 1, 64-90.

4. Ayanian, A.H. &Tausch, N., 2016. How risk perception shapes collective action intentions in repressive contexts: A study of Egyptian activists during the 2013 post-coup uprising. British Journal of Social Psychology, 55(4), pp.700-721.Healy & Malhotra, 2013

5. Healy, A. & Malhotra, N., 2013. Retrospective voting reconsidered. Annual Review of Political Science, 16, pp.285-306.

6. Granovetter M., 1978. Threshold Models of Collective Behavior.The American Journal of Sociology. Vol. 83, No 6. pp. 1420-1443.

7. Chkhartishvili, A., & Kozitsin, I. (2018, October). Binary Separation Index for Echo Chamber Effect Measuring. In 2018 Eleventh International Conference" Management of large-scale system development"(MLSD (pp. 1-4). IEEE.

8. Petrov A., Proncheva O. (2018) Modeling Propaganda Battle: Decision-Making, Homophily, and Echo Chambers. In: Ustalov D., Filchenkov A., Pivovarova L., Žižka J. (eds) Artificial Intelligence and Natural Language. AINL 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 930. Springer. P. 197-209. DOI: 10.1007/978-3-030-01204-5_19

9. Chkhartishvili A.G., Gubanov D.A., Novikov D.A. Social Networks: Models of information influence, control and confrontation. - Springer, 2019. - 158 p.

УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ОТКЛИКА ЭЛИТЫ НА НАПРЯЖЕННОСТЬ ОБЩЕСТВА.

Басаева Е.К.,Каменецкий Е.С., Хосаева З.Х.

Владикавказский научный центр РАН, Россия, г. Владикавказ, ул. Маркуса д.22
helen@smath.ru, esk@smath.ru, hzaia83@mail.ru

Аннотация: В работе исследовано влияние запаздывания на изменение напряженности взаимодействующих социальных групп. Изменение величины запаздывания, может повлечь качественное изменение кривых описывающих напряженность элиты и народа при неизменных значениях параметров модели и функции, определяющей экономическое состояние народа.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом, моделирование социальной напряженности, запаздывание.

Введение

Дифференциальные уравнения с запаздыванием используются в различных областях: инженерном деле, экономике, динамике популяций, медицине и т.п.

В связи с тем, что реакция социальной группы на внешние воздействия не мгновенна, а происходит с некоторой задержкой, вполне логично введение в модель запаздывающего аргумента. В известной авторам литературе нет работ учитывающих влияние запаздывания на протекание социальных процессов. Хотя возможность использования дифференциальных уравнений с запаздыванием при анализе социальных процессов отмечается в работе [1].

Работа посвящена исследованию влияния запаздывания на изменение напряженности взаимодействующих социальных групп.

Постановка задачи и результаты

Рассмотрим систему состоящую из двух социальных групп: правящей элиты и народа [2].

При моделировании динамики напряженности социальной системы важно учитывать, что реакция на событие не бывает мгновенной, а проявляется с некоторым временным лагом. Для учета эффекта запаздывания при моделировании социальной системы основная трудность связана с определением времени запаздывания. Кроме того, не очевидно, какие функции в правой части дифференциальных уравнений должны содержать запаздывающий аргумент.

Будем считать, что запаздывание проявляется только в интенсивности восприятия элитой воздействия трудящихся, т.е. вводим запаздывание в коэффициент во втором слагаемом в правой части уравнения (1):

$$dP_1/dt=-\gamma_1 P_1+(c_1 P_2(t-\tau)/1- P_2(t-\tau))(P_2-P_1) \quad (1)$$

$$dP_2/dt=\gamma_2(U_2-P_2)+c_2 P_1/(1-P_1)[(P_1-P_2)+\eta_2 P_2(1-P_1)] \quad (2)$$

Здесь $P_1=P_1(t)$ и $P_2=P_2(t)$ – напряженности элиты и народа соответственно, $U_1=U_1(t)$ и $U_2=U_2(t)$ – функции, определяющие влияние экономической ситуации на элиту и народ (P_1, P_2, U_1, $U_2 \epsilon [0;1]$); $\gamma_1,\gamma_2,\eta_2 \epsilon [0,1]$, c_1 и c_2 – параметры модели.

Отклонение $\tau > 0$ и непрерывно. В работе τ принимается либо постоянной, либо неявно зависит от t как функция P1(t). Система (1)–(2) решалась численно методом Рунге – Кутты четвертого порядка. В точке со смещенным аргументом значения функции определяется с применением интерполяции кубическим сплайном или разложением в ряд Тейлора при малых τ. Влияние изменения экономической ситуации задается константой или синусоидой.

В результате расчетов получены два варианта изменения напряженности: выход на стационарный режим и возникновение неустойчивости. С ростом запаздывания увеличивается время переходного процесса и неустойчивость возникает позже. Следует отметить, что неустойчивость возникает за счет положительной обратной связи. Рост напряженности трудящихся приводит к росту напряженности элиты, которая в свою очередь увеличивает напряженность трудящихся.

При значительном росте напряженности трудящихся элита либо раскалывается образуя контрэлиту, стремящуюся дестабилизировать ситуацию, либо консолидируется стремясь стабилизировать ситуацию.

Рассмотрим случай консолидации элиты, т.е. уменьшение напряженность элиты из-за ослабления внутриэлитной борьбы. В модель такой процесс можно включить полагая, что коэффициент c_1 становится равным нулю с лагом равным запаздыванию после того, как напряженность трудящихся начинает превышать некоторое пороговое значение: $P_2(t-\tau)>P_{2кр}$. При этом как только $P_2(t-\tau)$ становится меньше $P_{2кр}$, значение c_1 вновь восстанавливается.

При малой величине запаздывания (≈0,01) и значениях констант $\gamma_1=\gamma_2=0{,}15$; $c_1=1{,}5$; $c_2=1{,}5$; $\eta_2=0{,}3$ возникают модулированные колебания напряженности народа (Рис.1). Период высокочастотных колебаний больше величины запаздывания а период низкочастотных модулирующих колебаний примерно совпадает с периодом изменения экономической ситуации. Если в этом варианте изменение экономической ситуации постоянно то решение представляет собой наложение высокочастотных колебаний на низкочастотных.

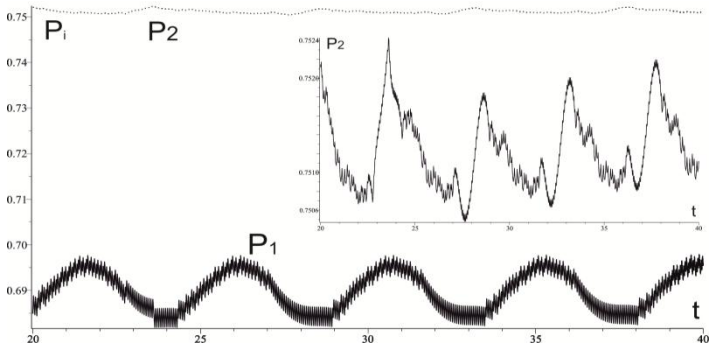


Рис.1 Изменение напряженности при малом постоянном запаздывании.

Изменение значений констант ($\gamma_1=\gamma_2=0{,}15$; $c_1=2$; $c_2=1{,}5$; $\eta_2=0{,}9$) при таком же значении запаздывания полностью меняет картину изменения напряженности (Рис.2), возникает квазипериодическое изменение напряженности.

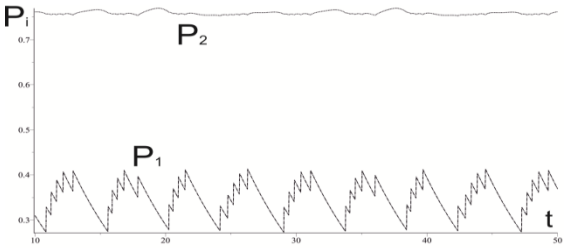


Рис.2 Изменение напряженности при малом постоянном запаздывании (большие значения c_1 и η)

Возможно подобные режимы могут реализоваться в период кризисов и объясняют чередование всплесков протестной активности и спокойных периодов.

В действительности более реалистичным является предположение о том, что величина запаздывания не постоянна, а зависит от текущего значения напряженности элиты. Вид зависимости запаздывания от напряженности может быть разным. Для расчетов, нами выбрано выражение:

$\tau=z(1-P_1)^2$

При устойчивых режимах переменное запаздывание практически не влияет на результаты расчетов. При неустойчивых режимах, уменьшение времени запаздывания с ростом напряженности элиты, приводит к более быстрому росту напряженности. Изменение напряженности трудящихся в этом случае велико.

При консолидации элиты и маленьких значениях z (<1) поведение решения существенно отличается от получаемого при постоянном запаздывании. Увеличивается амплитуда низкочастотных колебаний, исчезают высокочастотные колебания. Период колебаний уменьшается и картина изменения напряженности становится похожа на ту которая наблюдается при больших постоянных значениях запаздывания.

Если z большое (в рассматриваемом случае z=20), то получаем качественно другое поведение кривых при постоянном $\tau=7{,}2$ (Рис.3) и переменном $\tau=20*(1-P_1)^2$ запаздывании(Рис.4). В обоих случаях наблюдается резкий рост напряженности после которого при постоянном запаздывании напряженность меняется слабо, а затем наблюдаем почти экспоненциальное падение P_1, а падение P_2 почти линейно; при переменном запаздывании напряженности обеих групп падают почти экспоненциально.

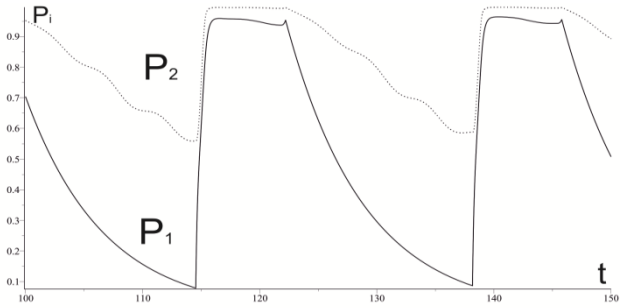


Рис. 3 Изменение напряженности при большом постоянном запаздывании

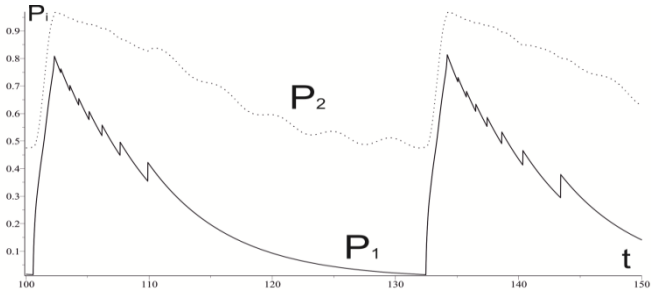


Рис.4 Изменение напряженности при большом запаздывании зависящем от P_1

При переменном запаздывании увеличивается период одного колебания и размах колебаний напряженности трудящихся. Напряженность элиты несколько уменьшается и на начальном участке спада напряженности имеют место незначительные колебания.

Выводы

Анализ полученных результатов показывает, что изменение величины запаздывания в рассмотренной модели (1)–(2), влечет качественное изменение поведения кривых напряженности элиты и народа при неизменных значениях параметров модели и функции, определяющей экономическое состояние народа. Можно сделать вывод что существует возможность управления напряженностью общества путем изменения величины запаздывания. Скорость изменения запаздывания напрямую зависит от информированности элиты и скорости получения информации.

Литература

1. *Dushkov I.N., Jordanov I., Vitanov N.K.* Numerical Study of Nonlinear Dynamics of a Population System with Time Delay. – 2017. – URL: \verb"https://arxiv.org/pdf/1701."\break \verb"08130.pdf" (дата обращения 12.12.2018).

2. *Басаева Е.К., Каменецкий Е.С., Хосаева З.Х.* О влиянии нелинейных эффектов на стабильность общества // Мат. заметки СВФУ. 2015. Т. 22. С. 78–83.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Бойченко О.В., Гапонов А.И., Смирнова О.Ю.

Институт экономики и управления (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская 21/4

bolek61@mail.ru, ball8996@mail.ru, smirnovaqueen@gmail.com

Аннотация: в работе рассмотрена возможность применения теории нечетких множеств для определения эффективности процесса обучения в образовательной организации высшего образования. При этом рассмотрены следующие вопросы: взаимосвязь критериев эффективности процесса обучения, качественная экспертная оценка уровня критериев и комплексная оценка процесса эффективности обучения.

Ключевые слова: комплексная оценка, процесс обучения, теория нечетких множеств.

Ограничиваясь рамками предлагаемой работы, рассмотрим только следующие критерии эффективности процесса обучения:

- Уровень профессионализма преподавателя (УП);
- Уровень обучаемости (способность к усвоению знаний (УО;
- Эффективность руководства учебным процессом, обеспечивающего высокие результаты при минимальных затратах (ЭР);
- Сформированность компетенций − система знаний, умений и навыков (компетенций), соответствующая Федеральному государственному образовательному стандарту (СК).

Взаимосвязь критериев эффективности процесса обучения представлена на рисунке 1 [1].

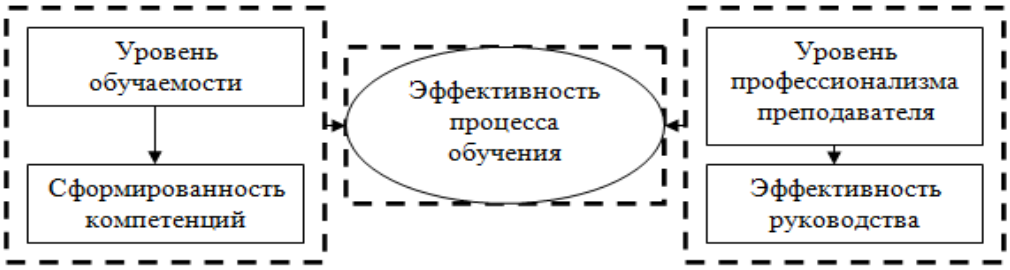


Рис. 1. Взаимосвязь критериев эффективности процесса обучения

Комплексную оценку (КО) процесса эффективности обучения рассчитаем с помощью теории нечетких множеств [2].

Уровень критериев, формирующих комплексную оценку, будет определяться в соответствии с оценками 10 экспертов. Каждому из этих критериев эксперты дают качественную оценку: «Н» – неудовлетворительно, «У» – удовлетворительно, «Х» – хорошо, «О» – отлично.

Предполагаемая достаточно высокая согласованность мнений экспертов позволяет считать, что оценки одного и того же критерия будут ограничиваться двумя соседними качественными значениями: «неудовлетворительно»-«удовлетворительно», «удовлетворительно»-«хорошо», «хорошо»-«отлично».

Во избежание необоснованного усложнения базы правил нечеткого вывода в рассматриваемой модели для входных лингвистических переменных выберем функцию принадлежности с «непересекающимися» соседними термами. График этой функции изображен на рисунке 2.

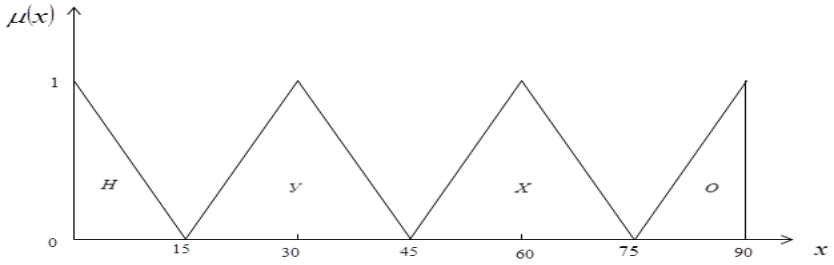


Рис. 2. График функции принадлежности входных переменных УП, УО, ЭР, СК

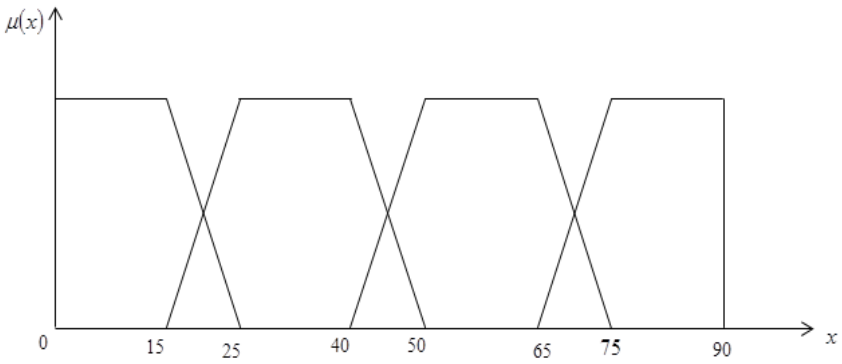


Рис. 3. График функции принадлежности КО

Выходная лингвистическая переменная – «Комплексная оценка» (КО), содержит четыре лингвистических терма (качественные оценки) «Н», «У», «Х», «О» с трапециевидными функциями

принадлежности (см. рис. 3). Значения функций принадлежности для входных лингвистических переменных определяем, как отношение числа ответов «Н», «У», «Х», «О» к общему числу опрошенных [3]. Полученные значения приведены в таблице 1:

Таблица 1 – Значения функций принадлежности

Значение функции принадлежности терма	**Критерий**			
	УП	**УО**	**ЭР**	**СК**
$\mu(H)$				
$\mu(У)$		0,5	0,4	
$\mu(X)$	0,2	0,5	0,6	0,8
$\mu(O)$	0,8			0,2

Для нечеткого вывода необходимо составить базу правил, вида: «ЕСЛИ «УП» есть «Х», и «УО» есть «У», И «ЭР» есть «У», И «СК» есть «Х», ТО «КО» есть «У»», учитывающую только «активные» правила. Поскольку результирующая функция принадлежности для каждого подзаключения соответствует min для входящих в него функций принадлежности, а функция принадлежности, соответствующая выходной переменной, соответствует max функций принадлежности, определяемых рассматриваемыми подзаключениями, то достаточно из «активных» правил оставить только те, которые определяют максимальное значение функции принадлежности каждого терма выходной переменной. Находим окончательные значения функций принадлежности для выходных термов: $\mu_{KO}(У) = 0{,}4$; $\mu_{KO}(X) = 0{,}5$; $\mu_{KO}(O) = 0{,}2$. Объединение полученных множеств соответствует результирующей функции принадлежности выходной переменной, как показано на рисунке 4. Окончательное значение КО находим посредством процедуры дефаззификации для выходной нечеткой переменной по методу «центра тяжести» [2] (см. рис. 4).

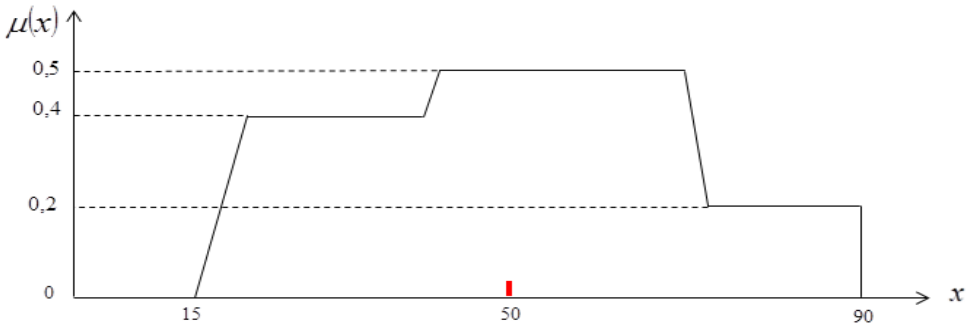


Рис. 4. Дефаззификация выходной лингвистической переменной «Комплексная оценка»

В результате несложных вычислений окончательно получаем:

$$KO = \frac{\int_{15}^{90} x\mu(x)dx}{\int_{15}^{90} \mu(x)dx} = 50{,}35 \qquad (1)$$

Полученное значение соответствует оценке «хорошо». Результаты предложенной работы можно сформулировать следующим образом: 1). На основе теории нечетких множеств приведена схема определения численной оценки эффективности процесса обучения по результатам качественных экспертных оценок критериев, формирующих «Комплексную оценку»; 2). Приведена схема нечеткого вывода с использованием «сокращенной» базы правил, учитывающей только активные правила, определяемые рассматриваемыми экспертными оценками. Численное значение (дефаззификация) выходной лингвистической переменной «Комплексная оценка» получено на основе алгоритма нечеткого вывода с учетом разногласий в экспертных оценках; 3). Приведен пример расчета комплексной оценки критериев эффективности процесса обучения.

Литература

1. *Гапонов А.И., Смрнова О.Ю.* Оценка эффективности процесса обучения на основе теории нечетких множеств / Теория и практика экономики и предпринимательства / Труды Юбилейной XV Международной научно-практической конференции. Симферополь-Гурзуф, 19-21 апреля 2018 год. – Симферополь : ИП Зуева Т.В., 2018. – С. 233-235.
2. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / СПб.: БХВ. Петербург, 2015.-736с.
3. *Пегат А.* Нечеткое моделирование и управление/пер. с англ. – М.БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.

ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ К САМООРГАНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МИКРОУРОВНЯ

Бойченко О.В., Апатова Н.В., Черногорова К.А.

Институт экономики и управления (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,
Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул.Севастопольская 21/4
bolek61@mail.ru, chernogorova@ya.ru

Аннотация: в работе предложен новый подход к оценке способности к самоорганизации социально-экономических систем микроуровня. Разработана математическая модель, формализующая экспертные знания в форме иерархической системы лингвистических переменных и нечётких продукций, связывающих входные и выходные переменные на разных уровнях агрегирования. Предлагается использовать методику оценки способности к самоорганизации в качестве ядра системы интеллектуальной поддержки принятия решений, позволяющей проводить комплексную оценку способности предприятия к самоорганизации и выбирать тактику управленческих воздействий.

Ключевые слова: самоорганизация, социально-экономическая система, кризис предприятия, теория развития, нечеткая логика.

Способность к самоорганизации – фундаментальное свойство любой открытой, неравновесной системы. Процесс самоорганизации способствует возникновению порядка, иерархической упорядоченности, эволюционному развитию систем. Применение синергетического подхода к исследованию социально-экономических систем и формирование на базе теоретических моделей управляющих воздействий, относится к инновационным технологиям и способствует росту эффективности управления. Применение синергетического подхода к исследованию свойств предприятия, как социально-экономической системы микроуровня, позволит перейти к новой концепции управления, основанной не на управлении по отклонениям или текущим целям, а сформировать концепцию упреждающего кризис развития системы.

Целью данного исследования является разработка методики оценки способности к самоорганизации социально-экономических систем микроуровня с помощью аппарата теории нечетких множеств.

Способность к спонтанной организации, формируется внутренними факторами, так называемыми “параметрами порядка” [1]. Для социально-экономической системы микроуровня такими параметрами порядка будут мотивация, организация, рефлексивные связи. Раскроем данные характеристики организации с помощью более простых и измеримых показателей.

Блок мотивация. Мотивация – генератор внутренней энергии социальной системы, порождающий изменения. В качестве показателей, отражающих уровень мотивационной энергии, рассмотрим такие характеристики персонала предприятия как вовлеченность, профессиональная идентификация и лояльность Вовлеченность – желание персонала вносить личный вклад в деятельность организации. Профессиональная идентификация характеризует осознание целей организации, как своих собственных. Под лояльностью персонала будем понимать, удовлетворение развитием своей карьеры и доверие руководству [2].

Блок организация. Блок организация объединяет набор показателей, характеризующих потенциал воспроизводства организации. В данном случае нас интересуют три аспекта:

- наличие фундаментальной основы в системе управления, на базе которой возможно перефор-матирование организационной структуры предприятия. В качестве такой основы на предприя-

тиях может выступать организационная культура. Культура, как “генетический код” организации, обеспечивает уникальность организации и воспроизводство самой себя.

- наличие возможности развития организации, рост ее иерархической сложности, обеспечивается ограничением разнообразия на нижних уровнях организации. Данный принцип организации сложных систем хорошо известен в общей теории систем и кибернетики, и не раз формулировался различными учеными, применительно к системам различной природы. Например, закон информационно-энтропийного взаимодействия в социальных системах (Е.А. Седова), закон сохранения материи и движения (М.В. Ломоносова), законы компенсации (А.Дж. Тойнби, В.М. Бехтерева). В качестве показателя организационной упорядоченности будем рассматривать уровень стандартизации и унификации процессов управления.
- наличие лидера или команды менеджеров, способных взять на себя роль “архитектора” и выстроить/перестроить организационную структуру, отвечающую внутренним потребностям, соответствующую внешним требованиям и обеспечивающую рост конкурентоспособности предприятия. В качестве характеристики, удовлетворяющей цели исследования, будем рассматривать уровень профессионализма менеджеров.

Блок рефлексивные связи. Рефлективные связи обеспечивают координацию и синхронизацию деятельности предприятия, посредствам имитации индивидом в своем сознании логики рассуждений и действий других [3]. Рефлективные связи выступают в качестве компенсирующего канала коммуникации, в случае дисфункции формальной структуры управления. Понятие “рефлексия” было введено В.А. Лефевром еще в 60-е гг. прошлого столетия, а его теория о “рефлексивном управлении” получила название «кибернетики второго поколения», из-за отсутствия обратных связей в процессе управления. По мнению Лефевра рефлексивные процессы включены в механизмы саморегуляции в социальные системы любых типов [4]. Для количественного выражения рефлексивных связей в коллективе воспользуемся показателем уровня социального интеллекта коллектива [5].

Таким образом, способность к самоорганизации можно представить в виде иерархии показателей (рис. 1):

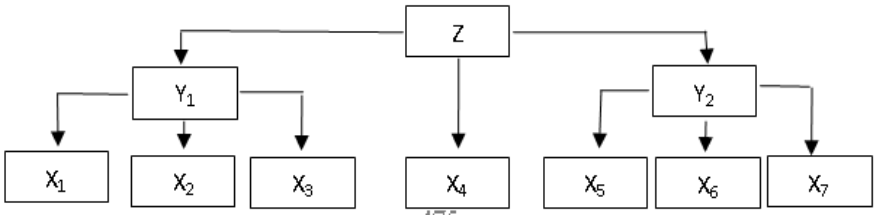


Рис. 1. Взаимосвязь показателей и характеристик способности к самоорганизации

Будем считать, что все введенные переменные, являются лингвистическими переменными.

X_1 = “Степень вовлеченности персонала” с универсальным множеством $U_{X_1} = [0;1]$. Терм-множество $T(X_1)$ = {“полная”, “высокая”, “средняя”, “низкая”, “отсутствует”}.

X_2 = “Степень профессиональной идентификации” с универсальным множеством $U_{X_2} = [0;1]$. Терм-множество $T(X_2)$ = {“полная”, “высокая”, “средняя”, “низкая”, “отсутствует”}.

X_3 = “Степень лояльности персонала ” с универсальным множеством $U_{X_3} = [0;1]$. Терм-множество $T(X_3)$ = {“полная”, “высокая”, “средняя”, “низкая”, “отсутствует”}.

X_4 = “Уровень социального интеллекта” с универсальным множеством $U_{X_4} = [0;1]$. Терм-множество $T(X_4)$ = {“высокий”, “выше среднего”, “средний”, “ниже среднего”, “низкий”}.

X_5 = “Уровень организационной культуры” с универсальным множеством $U_{X_5} = [0;1]$. Терм-множество $T(X_5)$ = {“высокий”, “выше среднего”, “средний”, “ниже среднего”, “низкий”}.

X_6 = “Уровень стандартизации и унификации процессов управления ” с универсальным множеством $U_{X_6} = [0;1]$. Терм-множество $T(X_6)$ = {“высокий”, “выше среднего”, “средний”, “ниже среднего”, “низкий”}.

X_7 = “Уровень профессионализма менеджеров ” с универсальным множеством $U_{X_7} = [0;1]$. Терм-множество $T(X_7)$ = {“высокий”, “выше среднего”, “средний”, “ниже среднего”, “низкий”}.

Y_1 = “Уровень мотивации” с универсальным множеством $U_{Y_1} = [0;1]$. Терм-множество $T(Y_1)$ = {“высокий”, “выше среднего”, “средний”, “ниже среднего”, “низкий”}.

Y_2 = “Потенциал воспроизводства организации ” с универсальным множеством $U_{Y_2} = [0;1]$. Терм-множество $T(Y_2)$ = {“высокий”, “выше среднего”, “средний”, “ниже среднего”, “низкий”}.

Выходная переменная - Z = “Способность к самоорганизации” с универсальным множеством $U_Z = [0;1]$. Терм-множество $T(Z)$ = {“высокая”, “выше среднего”, “средняя”, “ниже среднего”, “низкая”}.

Все термы имеют вид нечеткого множества и представлены собственными функциями принадлежности симметричного типа. Четкие значения входных переменных могут быть получены с помощью опросных листов и специальных психологических методик.

Взаимосвязь входных, частных и выходной переменных обеспечивается с помощью системы нечетко-продукционных правил, построенных на основе обобщения опыта экспертного сообщества. Система правил имитирует рассуждения экспертов и представляет собой иерархию баз знаний о соотношениях, представленных на рисунке 1.

В общем виде систему нечетко-продукционных правил, моделирующих оценку способности к самоорганизации можно представить в следующем виде:

$$\bigcup_{p=1}^{e_j}\left[\bigcap_{i=1}^{3}\left(X_i = a^{X_i}{}_{j,p}\right)\right] \to Y_1 = a^{Y_1}{}_j,\ j = \overline{1,r} \quad \bigcup_{p=1}^{w_j}\left[\bigcap_{i=5}^{7}\left(X_i = a^{X_i}{}_{j,p}\right)\right] \to Y_2 = a^{Y_2}{}_j\ j = \overline{1,b},$$

$$\bigcup_{p=1}^{q_j}\left[\left(X_4 = a^{X_4}{}_{j,p}\right)\bigcap\left(Y_1 = a^{Y_1}{}_{j,p}\right)\bigcap Y_2 = a^{Y_2}{}_{j,p}\right] \to Z = a^{Z}{}_j \quad j = \overline{1,m}$$

где $a^{X_i}{}_{j,p}$ - нечеткий терм, с помощью которого оценивается значения входных переменных X_i в правиле с номером jp, e_j - количество конъюнкций, в которых выходная переменная Y_1 оценивается термом $a^{Y_1}{}_j$, r - количество термов для лингвистической переменной Y_1, w_j - количество конъюнкций, в которых выходная переменная Y_2 оценивается термом $a^{Y_2}{}_j$, b - количество термов для лингвистической переменной Y_2, q_j - количество конъюнкций, в которых выходная переменная Z оценивается термом $a^{Z}{}_j$, m - количество термов для лингвистической переменной Z.

Для практической реализации методики оценки способности к самоорганизации авторами разработана интеллектуальная система на базе математического пакета MathCAD, реализующая синтез интегральной переменной по алгоритму Мамдани. Разработанная компьютерная программа, по сути является системой поддержки принятия решений, обеспечивающая хранение и управление базами данных и знаний, реализующая этапы фаззификации, агрегирования, активизации, аккумулирования и дефаззификации и синтезирующая новые знания – комплексную оценку способности предприятия к самоорганизации. В дальнейших исследованиях планируется апробация методики на промышленных предприятиях Республики Крым, а так же развитие интеллектуальной системы поддержки принятия решений путем разработки советующей подсистемы. Дополнительные возможности позволят расширить аналитические горизонты пользователей и помогут сконструировать тактику управленческих воздействий.

Литература

1. *Малинецкий Г. Г.* Параметры порядка, самоорганизация и получение образования [Электронный ресурс] // Синергетика и учебный процесс : сб. М. : Издво РАГС, 2001. URL: http://www.keldysh.ru/departments/dpt_17/parm.html (дата обращения: 11.04.2019).
2 *Смирнова В. В.* Организационная приверженность как показатель референтных отношений в организации // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 7: Философия. Социология и социальные технологии. 2008. № 2. С. 243–246
3. *Ярушкин Н. Н.* Роль саморегуляции и самоорганизации в управлении коллективом / Н.Н. Ярушкин, Н.Н. Сатонина // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия Психология. – 2013. – № 1(13) – С. 42-57
4. *Лефевр В. А.* Рефлексия. – М.: "Когито-Центр",. – 2003. – 496 с.
5. *Чеснокова О. Б.* Субботский Е. В. Социальный интеллект в условиях сложных социальных систем // Национальный психологический журнал. – 2010. – № 2 - С. 22- 28.
т А. Нечеткое моделирование и управление/пер. с англ. – М.БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОМПЛЕКТОВАНИИ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА

Болодурина И.П., Дусакаева С.Т.

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург, пр. Победы 13
prmat@mail.osu.ru, slushashdusakaeva@rambler.ru

Аннотация: Для реализации информационных предпочтений пользователей разработана общая математическая модель поддержки принятия решения в задаче оптимизации комплектования библиотечного фонда, позволяющая осуществлять его пополнение и обновление требуемыми печатными изданиями и учитывающая ограниченность в финансировании по приобретению новых изданий.

Ключевые слова: многокритериальная задача оптимизации, комплектование библиотечного фонда, востребованность библиотечных ресурсов, информационные потребности пользователей, Data Mining, дерево решений, функция принадлежности.

1 Постановка задачи комплектования библиотечного фонда востребованной литературой

Для формализации задачи введем следующие обозначения. Пусть $\mathcal{H} = \{h_1, h_2, ..., h_H\} = \{h_i\}$- множество библиотек региона G, $j = \overline{1, H}$, где H - число библиотек региона G. Каждая библиотека $h \in \mathcal{H}$ обладает библиотечным фондом. Пусть $\mathcal{A}^h = \{a_1^h, a_2^h, ..., a_{n_\alpha}^h\} = \{a_j^h\}$- множество книг фонда библиотеки h, $j = \overline{1, n_\alpha}$, где $n_{n_\alpha}^h$ - объем книжного фонда библиотеки h, а Ă – множество книг, предлагаемых книжными издательствами. Любое книжное издание a имеет стандартные библиотечные характеристики. Пусть $Z^\alpha = \{z_1^a, z_2^a, ..., z_{\lambda_a}^a\} = \{z_j^a\}$ - множество библиотечных характеристик издания a книжного фонда, где $j = \overline{1, \lambda_a}$, где λ_α - количество библиотечных характеристик издания a книжного фонда библиотеки h [1]. Книжный фонд каждой библиотеки h разбит на разделы тематического рубрикатора в соответствии с её специализацией. Пусть $\mathcal{R}^h = \{r_1^h, r_2^h, ..., r_{m_\alpha}^h\} = \{r_j^h\}$- множество разделов тематического рубрикатора библиотеки h, $j = \overline{1, m_\alpha}$, где $m_{n_\alpha}^h$ - число разделов тематического рубрикатора библиотеки h. Каждая библиотека $h \in$ H имеет свою читательскую аудиторию – пользователей библиотечных ресурсов. Пусть $S^h = \{s_1^h, s_2^h, ..., s_{k_\alpha}^h\} = \{s_j^h\}$- множество пользователей библиотеки h, $j = \overline{1, k_\alpha}$, где $m_{k_\alpha}^h$ - число пользователей библиотеки h. Для принятия управленческого решения о комплектовании библиотечного фонда A^h из множества книг, предлагаемых книжными издательствами, выберем такое издание $a^* \in A$, для которого функция востребованности принимает максимальное значение, то есть формулируем критерий вида:

$$f(a^*) = \max_{a \in A} F(z^a, r^h, S) \qquad (1)$$

где F - функция востребованности издания $a \in A, z^a \in \mathcal{Z}^a, r^h \in \mathcal{R}^h, S \subset S^h$.

2 Решение поставленной задачи оптимизации

Для упрощения процедуры принятия решения о комплектовании библиотечного фонда $\mathcal{A}^h$ изданием $a^* \in \mathcal{A}$ перейдем к модельной аппроксимации поставленной задачи оптимизации (1), выявив наиболее важные признаки пространства возможных решений и сегментировав читательскую аудиторию. Пользователи библиотечных ресурсов S^h предъявляют определенные требования к характеристикам изданий $\mathcal{Z}^a$ книжного фонда $\mathcal{A}^h$ библиотеки *h*. Локализация значимых признаков книжных изданий может быть достигнута путем применения методов интеллектуального анализа данных – методов Data Mining[12]. Для моделирования оценки наиболее значимых характеристик литературы библиотечного фонда библиотеки *h* воспользуемся методом решающих деревьев. Применение метода решающих деревьев в задаче классификации характеристик книг позволяет выявить наиболее значимые для удовлетворения информационных потребностей признаки $\mathcal{Z}^a = \{z_i^a\}$, $1 \le i \le \lambda_a$ издания $a \in A$. Модификация модели Леунга [2,14] в задаче разбиения тематического рубрикатора на группы инфопредпочтений пользователей библиотечных ресурсов [4-10] дает основания объединить по степени важности информационных характеристик разделы рубрикатора библиотеки *h*, представив множество $\mathcal{R}^h$ в виде:

$$\mathcal{R}^h = \{r_j^h\} = \mathcal{R}_1^h \cup \mathcal{R}_2^h \cup \ldots \cup \mathcal{R}_{\mu_a}^h = \cup \mathcal{R}_i^h = \cup \{r_j^i\},$$

где $j = \overline{1, m_\alpha}, i = \overline{1, \mu_\alpha}, 1 \le \mu_\alpha \le m_\alpha$, $\mathcal{R}_i^h \cap \mathcal{R}_j^h = \varnothing$, $i \ne j$.

Учитывая конкурентный характер предоставляемых библиотекой *h* услуг, в задаче сегментации читательской аудитории на классы используется метод анализа стратегических альтернатив, позволяющий представить множество S^h в виде

$S^h = \{s_j^h\} = S_1^h \cup S_2^h \cup \ldots \cup S_{\gamma_\alpha}^h = \cup S_i^h$, где $j = \overline{1, k_\alpha}$, $1 \le \gamma_\alpha \le k_\alpha$, $S_i^h \cap S_j^h = \varnothing$.

Использование метода анализа стратегических альтернатив в задаче классификации пользователей библиотеки h в соответствии с отношением к удовлетворению информационных запросов позволяет спрогнозировать множество S наиболее перспективных пользователей библиотеки h. Пусть z – самая значимая характеристика книжного издания $a^* \in A$; $\mathcal{R}$ – группа разделов тематического рубрикатора, отражающая самые важные информационные предпочтения читательской аудитории; S - тип пользователей библиотечных ресурсов с наивысшим уровнем отношения к удовлетворению своих информационных потребностей. Тогда с учетом введенных обозначений задача комплектования библиотечного фонда может быть сведена к задаче оптимизации востребованности книжного издания $a \in A$, заданной целевой функцией.

$$f(a^*) \max_{a \in A} \mathcal{F}(z^a, \mathcal{R}_i^h, S^h), \qquad (2)$$

где $\mathcal{F}$ – модифицированная функция востребованности книжного издания $a \in A, z^a \in \mathcal{Z}^a, R_i^h \subset \mathcal{R}^h, S^h \subset S$.

Аппроксимируем функцию востребованности (2), зависящую от нескольких переменных, линейным полиномом функций одной переменной[13].

$$F(z,R,S) = \alpha + \alpha_1 f_1(z) + \alpha_2 f_2(\mathcal{R}) + \alpha_3 f_3(S), \qquad (3)$$

где $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - коэффициенты, отражающие степени важности критериев, $\alpha_i \ge 0, \mathrm{i} = \overline{1,3}$, $\alpha \ge 0$, $\sum_{\mathrm{i}=0}^{3} \alpha_{\mathrm{i}} + \alpha = 1.$

С учетом нормативно-правовых положений деятельности библиотеки [3,11] задача комплектования библиотечного фонда может быть сведена к задаче оптимизации вида:

$$F(z,R,S) \approx \alpha_0 f_0(R) + \alpha_1 f_1(z) + \alpha_2 f_2(\mathcal{R}) + \alpha_3 f_3(S), \qquad (4)$$

где *F*–модифицированная функции востребованности литературы, учитывающая норматив библиотечно-информационных ресурсов, $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$– коэффициенты, выражающие степени важности критериев, $\alpha_i \geq 0$, $\mathrm{i} = \overline{0,3}$, $\sum_{\mathrm{i}=0}^{3} \alpha_{\mathrm{i}} = 1$.

Для принятия управленческого решения о комплектовании библиотечного фонда из множества книг, предлагаемых книжными издательствами, выберем такое издание $a \in A$, для которого модифицированная функция востребованности, учитывающая норматив библиотечно-информационных ресурсов принимает максимальное значение:

$$f(a^*) = \max_{a \in A} F(z,R,S) \approx$$
$$\approx \max\left(\alpha_0 f_0(R) + \alpha_1 f_1(z) + \alpha_2 f_2(\mathcal{R}) + \alpha_3 f_3(S)\right), \quad (5)$$

где $z \in \mathcal{Z}^a, \mathcal{R} \subset \mathcal{R}^h, S \subset S^h$, , $\alpha_i \geq 0$, $\mathrm{i} = \overline{0,3}$, $\sum_{\mathrm{i}=0}^{3} \alpha_{\mathrm{i}} = 1$.

Предлагаемый формализованный подход к решению задачи оптимизации комплектования библиотечного фонда $\mathcal{A}^h$ с позиции максимального удовлетворения информационных потребностей разных типов пользователей S^h библиотеки h востребованными изданиями a_i позволяет из множества книг, предлагаемых книжными издательствами, выделить подмножество $A_0 \subset \mathrm{A}$, удовлетворяющее условию

$$A_0 = \left\{a_i \in A \middle| \sum_{i=1}^{n} f(a_i) \to max\right\} \quad (6)$$

Пусть $\mathcal{P}$, - величина финансирования на комплектование библиотечного фонда, p_{a_i} - цена, за которую библиотека h закупает 1 экземпляр книги a_i, тогда ограничения в многокритериальной задаче оптимизации примут вид:

$$\sum_{i=1}^{\nu_\alpha} n_{a_i} \cdot p_{a_i} \leq P \quad (7)$$

Таким образом, предложенный формализованный подход к задаче оптимизации комплектования библиотечного фонда, приводит к общей математической модели (5) - (7) поддержки принятия управленческого решения о пополнении востребованными источниками удовлетворения информационных потребностей разных типов пользователей в соответствии с их читательскими предпочтениями и учитывающая ограниченность бюджета по закупке книжных изданий.

Литература

1. *Болодурина И.*П., Дусакаева С.Т. Комплексная модель реализации информационных потребностей пользователей в процессе комплектования библиотечного фонда, Вестник Южно-уральского государственного университета. (Том 18, номер 3),2018, с. 59-67.
2. *Болодурина И. П.*, Болдырев П.А., *Дусакаева С.Т.* Методы нечеткой логики при исследовании востребованности учебной литературы, Научное обозрение, (№ 140), 2015, с. 224-231
3. ГОСТ Р 7.102 – 2018 о комплектовании, в академических библиотеках. Структура. Показатели набора персонала, режим доступа http://client.consultant.ru/site/?id=1004459726.
4. *Duboi D., Prade H.M.* Possibility theory and formal concept analysis: Characterizing independent sub-contexts., Fuzzy Sets and Systems, 2012, 196p.
5. *Frank H.* Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik., Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig /Wiesbaden, 2002, 242S.
6. *Friedrich A.* Logik und Fuzzy-Logik, Expert Verlag, Stuttgart, 2006, 319 S.
7. Zadeh, Lotfi A. Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computinq., Communications of the ACM, Vol. 37, № 3, 1994, P. 77-84.
8. *Zimmermann H. J.* Fuzzy Set Theorie and ist Applications., Kluver Academic Publishers, Boston / Dordrecht / London, 2001, 544p.
9. *Rommelfanger H.J., Slowinski R.* Fuzzy Linear Programming with single or multiple Objective Functions. – In: R. Slowinski (Ed), « Fuzzy Sets in Decision Analisys, Operations Research and Statistics», Kluwer Academic

Publishers, Norwell, Massachusetts, 1998, S. 179-213.
10.Зак Ю.А Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии, М.: Книжный дом «ЛИБКОРМ», 2013, 352с.
11 Зорина С. Ю. Комплектование библиотечных фондов. Пути эффективности интеграции библиотеки и издателей, Науч. и техн. б-ки., 2004, № 2., с. 72-77.
12. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: 2-е изд., перераб. и доп., СПб.: Питер, 2010, 624 с.
13. *Токарев В.В.* Методы оптимальных решений. В 2 т. Т.2 Многокритериальность. Динамика. Неопределенность., 3-е изд., испр. и доп., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 420 с.
14. Ягер, Р Нечеткие множества и теория возможностей: Пер. с англ., Под редакцией Р.Р. Ягера, М.: Радио и связь, 1986, 408с.

МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТОВ[113]

Бурков В.Н., Буркова И.В.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Профсоюзная 65, Москва, Россия
vlab17@bk.ru, irbur27@gmail.com
Даулбаева З.М.
Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан
Ходунов А.М.
Воронежский государственный технический университет,Воронеж, Россия

Рассматриваются механизмы стимулирования. Каждый проект имеет оценку ценности, получаемую экспертным путем. На стимулирование проектов выделяется определенный фонд. Этот фонд распределяется пропорционально ценностям выполняемых проектов. Каждый исполнитель проекта имеет оценку минимального вознаграждения, зависящую от ценности проектов. Исследуются различные типы поведения исполнителей проектов. Исполнители первого типа выполняют все проекты, суммарные вознаграждения за которые не меньше минимальной величины. Исполнители второго типа максимизируют разность между получаемым вознаграждением и его минимальной величиной. В статье оценивается эффективность механизма распределения фонда прямо пропорционального суммарной ценности проектов, выполняемых агентами при различных типах их поведения. Показано, что в случае агентов-трудоголиков суммарная ценность проектов превышает суммарную ценность для случая агентов-рационалистов. Максимальный эффект (суммарная ценность) обеспечивается в случае, когда все агенты являются трудоголиками, а минимальная величина вознаграждения является степенной функцией ценности. Для смешанного состава агентов (часть агентов являются трудоголиками, а часть – рационалистами) показано, что механизмы пропорционального распределения фонда обеспечивает максимум суммарной ценности выполняемых проектов. Для случая линейных зависимостей минимального вознаграждения от ценности показано, что возможно существование бесконечного числа ситуаций равновесия. Для дискретного случая сформулированы задачи, решаемые агентами первого и второго типа и даны методы их решения. Для экспериментального исследования предложенного механизма разработана деловая игра «стимулирование проектов» и приведен пример ее проведения.

[113] *Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ грант 18-07-01258*

ВСЕГДА ЛИ БЕЗОПАСНО КОАЛИЦИОННОЕ МАНИПУЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОМ ГОЛОСОВАНИЯ?

Веселова Ю.А.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д.20;
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
yul-r@mail.ru

Аннотация: При манипулировании со стороны коалиций существует опасность получить результат худший, чем был изначально, если не все члены коалиции решают манипулировать. В этом случае манипулирование небезопасно. В докладе рассматривается вопрос о том, для каких правил и при каких условиях манипулирование небезопасно.

Ключевые слова: принятие коллективных решений, манипулирование, безопасность манипулирования.

Введение

Проблема принятия коллективных решений широко известна: она возникает во всех ситуациях, когда требуется учесть мнение множества агентов, но решение необходимо принять одно. Результат, т.е. коллективное решение, можно получить, собрав предпочтения всех избирателей и агрегировав их при помощи некоторого правила коллективного выбора. Существует множество процедур, отличных по своим свойствам, однако для любого однозначного недиктаторского правила доказано (теорема Гиббарда-Саттертуэйта [1], [2]), что если имеется хотя бы три возможных исхода, то правило подвержено манипулированию. Это означает, что избиратели могут добиться более предпочтительного для них результата голосования, намеренно исказив свои предпочтения.

В работе рассматривается проблема манипулирования результатом голосования со стороны коалиций избирателей. Коалицией называется группа избирателей, имеющих одинаковые предпочтения. Если в результате изменения предпочтений на неискренние всеми членами коалиции удается достичь более предпочтительного для них результата голосования, то каждый из членов коалиции имеет стимул манипулировать. В то же время, при недостаточной согласованности действий членов коалиции существует опасность получить результат худший, чем был изначально, если не все члены коалиции решают манипулировать. В этом случае коалиционное манипулирование небезопасно.

Проблема несогласованности стратегических действий групп избирателей исследовалась также в [3], однако предложенное авторами определение безопасного манипулирования несколько отличается от рассматриваемого в данной работе. Предполагается, что избиратель имеет стимул манипулировать, если существует некоторое подмножество избирателей из множества его единомышленников (коалиции), которые при одинаковом изменении предпочтений могут добиться более выгодного для себя результата голосования. При такой формулировке существует проблема координирования действий членами коалиции: кто из них должен манипулировать, и каким именно образом, а кто – нет. Поэтому авторами [3] предложено считать манипулирование небезопасным, если существует возможность получить результат хуже первоначального, если слишком мало или слишком много членов коалиции решат манипулировать.

Предложенное в данной работе определение манипулирования в большей степени подходит для ситуаций, когда коммуникационные возможности членов коалиции ограничены. Каждый избиратель может предполагать, что обладающие идентичными предпочтениями другие избиратели будут действовать идентично, поэтому принимает решение о манипулировании, учитывая, что его единомышленники также будут манипулировать. С другой стороны, избирателю необходимо понять, не приведет ли попытка манипулирования к провалу в случае, если некоторые члены коалиции откажутся манипулировать несмотря на то, что это более выгодно. Введение этих предпосылок является следующим шагом в моделировании независимо действующих избирателей после наиболее простой модели индивидуального манипулирования, в которой избиратели не учитывают стимулы других избирателей к манипулированию.

В докладе представлены результаты теоретического исследования существования небезопасного коалиционного манипулирования в профиле, если применяется правило подсчета очков. Это исследование вносит вклад в литературу по данной теме, так как ранее рассматривался только вопрос о существовании безопасного манипулирования. Однако безопасно манипулируемый профиль

существует всегда, если правило удовлетворяет условиям теоремы Гиббарда-Саттертуэйта [3], а небезопасное манипулирование имеет место далеко не всегда.

1 Примеры, термины и обозначения

1.1 Пример небезопасного манипулирования

Рассмотрим пример небезопасного коалиционного манипулирования. Профиль предпочтений для 7 избирателей представлен следующей таблицей. Первый столбец таблицы означает, что имеется три избирателя, для которых альтернатива *a* является наилучшей, *b* – второй наилучшей и т.д.

3	2	1	1
a	d	d	e
b	c	c	d
c	b	e	a
e	e	a	c
d	a	b	b

Пусть для принятия коллективного решения используется правило Борда. Согласно этому правилу, за каждое *k*-ое место в индивидуальных предпочтениях альтернатива получает $m - k$ очков. Сумма очков по всем избирателям для альтернативы x обозначается за *S*(*x*). Таким образом, суммарное количество очков для каждой альтернативы: *S*(*a*)=15, *S*(*b*)=13, *S*(*c*)=16, *S*(*d*)=15, *S*(*e*)=11. Победитель голосования – альтернатива c, набравшая наибольшее количество очков. Рассмотрим коалицию *K*, состоящую из трех избирателей первого столбца таблицы, имеющих предпочтения *aPbPcPePd*. Члены коалиции *K* имеют стимул манипулировать, сообщая неискренние предпочтения *bPaPePcPd*. В этом случае распределение очков следующее: *S*(*a*)=12, *S*(*b*)=16, *S*(*c*)=13, *S*(*d*)=15, *S*(*e*)=14. Результат голосования – альтернатива *b*, являющаяся более предпочтительной для членов коалиции. Теперь предположим, что манипулировать решает только один избиратель из коалиции *K*. Тогда *S*(*a*)=14, *S*(*b*)=14, *S*(*c*)=15, *S*(*d*)=15, *S*(*e*)=12. Наибольшее количество очков набирают альтернативы *c* и *d*. Кроме того, предположим, что по правилу устранения множественности выбора выбирается альтернатива *d*. Таким образом, результат голосования оказывается для членов коалиции менее предпочтительным, чем был изначально. Манипулирование со стороны членов коалиции с использованием стратегии *bPaPePcPd* называется небезопасным.

1.2 Правила подсчета очков

Обозначим за m число альтернатив, за n – количество избирателей. В докладе будут представлены результаты исследования безопасности коалиционного манипулирования для семейства правил подсчета очков, которому принадлежит правило относительного большинства и уже упомянутое правило Борда. Любое правило из этого семейства определяется вектором очков $\mathrm{s} = (\mathrm{s}_1 \geq \cdots \geq \mathrm{s}_\mathrm{m})$, $\mathrm{s}_1 \geq \cdots \geq \mathrm{s}_\mathrm{m}$ где sj обозначает количество очков, присваиваемых альтернативе за j-ю позицию в индивидуальных предпочтениях избирателя. Общее количество очков для альтернативы a обозначается за S(a) и вычисляется как сумма очков по всем избирателям. Примеры векторов очков:

- правило относительного большинства: $s_{\mathrm{Pl}} = (1, 0, ..., 0)$;
- правило вето: $s_{\mathrm{V}} = (1, ..., 1, 0)$;
- правило Борда: $s_{\mathrm{B}} = (m - 1, m - 2, ..., 1, 0)$.

Ясно, что для любого правила подсчета очков хотя бы одно нестрогое неравенство должно выполняться как строгое неравенство. Пусть

(1) $k_1 = min(j \in \{1, \dots, m\}, \text{т. ч } s_j - s_{j+1} > 0),\ \Delta_1 = s_{k_1} - s_{k_1+1},$

(2) $k_2 = min\big(j \in \{k_1, \dots, m\}, \text{т. ч } s_j - s_{j+1} > 0\big),\ \Delta_2 = s_{k_2} - s_{k_2+1},$

(3) $k_3 = min\big(j \in \{k_2, \dots, m\}, \text{т. ч } s_{j+1} - s_j > 0\big),\ \Delta_3 = s_{k_2} - s_{k_2+1},$ и т.д.

Таким образом, k_l - номер элемента вектора очков, для которого следующий за ним элемент меньше данного (имеет место скачок значений элементов вектора). Пусть q – количество таких элементов (скачков).

2 Результаты

Теорема 1. Существование небезопасно манипулируемого профиля для правил подсчета очков при $n \geq 3$ отражено в Таблице 1.

Таблица 1.

	$q = 1$	$q = 2$		$q = 3$
		$\Delta_1 > \Delta_2$	$\Delta_1 \leq \Delta_2$	
$m = 3$	Нет	Нет	Нет	-
$m = 4$	Нет	Да	Нет	Да, если $\Delta_1 > \Delta_3$ или $\Delta_2 > \Delta_3$, Нет, иначе.
$m = 5$	Нет	Да	Нет, если $k_1 = 2$ и $k_2 = 4$, Да, иначе.	Да
$m \geq 6$	Нет	Да	Да	Да

Как следствие из Теоремы 1, любое коалиционное манипулирование для правила относительного большинства и правила вето является безопасным для любых $n \geq 3$ и $m \geq 3$, так как в векторе очков этих правил только один скачок значений. Для правила Борда небезопасно манипулируемый профиль существует при $m \geq 5$, так как после все значения элементов вектора очков правила Борда различны, и $\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 \ldots$. Точное значение минимального числа избирателей, необходимого для существования небезопасного манипулирования определяется следующей теоремой.

Теорема 2 Небезопасно манипулируемый профиль для правила Борда существует, если и только если $m \geq 5$ и $n \geq 5$.

Таким образом, определены условия, при которых существует небезопасное коалиционное манипулирование для правил подсчета очков. Возможно, доля таких профилей столь невелика, что небезопасность манипулирования не является фактическим препятствием для коалиционного манипулирования. Однако данный вопрос пока остается открытым и является возможной темой дальнейших исследований в этом направлении.

Литература

1. Gibbard A. Manipulation of voting schemes: a general result // Econometrica: journal of the Econometric Society. Vol. 41. 1973, № 4. – P.587-601.

2. Satterthwaite M.A. Strategy-proofness and Arrow's conditions: Existence and correspondence theorems for voting procedures and social welfare functions // Journal of economic theory. Vol. 10. 1975, №. 2. – P.187-217.

3. Slinko A., White S. Is it ever safe to vote strategically? // Social Choice and Welfare. Vol. 43. 2014, №. 2. – P.403-427.

О ПОДХОДАХ К ВЫЯВЛЕНИЮ КАНАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ОНЛАЙНОВЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

dmitry.a.g@gmail.com, sandro_ch@mail.ru

Аннотация: В работе предлагается подход к выявлению каналов распространения информации в онлайновых социальных сетях. Подход использует акциональную модель влияния для определения наиболее значимых каналов.

Ключевые слова: онлайновые социальные сети, акциональная модель влияния, каналы распространения информации.

Введение

В последнее время заметно возросла роль онлайновых социальных сетей (Facebook, Twitter и др.) в жизни общества. Важным аспектом информационно-аналитической работы с ними [1] является оценка влияния пользователей (см., напр., [2-6]), поскольку влиятельные пользователи (лидеры общественного мнения) в существенной мере определяют тематику и содержание информационных потоков в социальной сети.

Однако наряду с пользователями влиянием может обладать и связь между пользователями. Например, тот факт, что один пользователь регулярно реагирует на посты (сообщения в социальной сети) другого пользователя может оказаться значимым с точки зрения распространения информации. В докладе предлагается подход к выявлению таких связей и состоящих из них каналов распространения информации.

1 Акциональная модель влияния

В данном разделе мы кратко опишем, в основном следуя [2], акциональную модель распространения действий в социальной сети.

Участниками сети будем считать агентов из фиксированного множества $N = \{1, 2, \ldots, n\}$, которые совершают действия из фиксированного множества возможных видов действий $K = \{1, 2, \ldots, k\}$ в те или иные моменты времени из интервала T. Видом действия может быть создание (написание) поста, создание комментария к посту и т. д. Множество действий (создание конкретного поста, комментария и т. д.) обозначим за Δ и далее будем считать конечным.

Каждое действие $a \in \Delta$ характеризуется тремя параметрами – совершившим его агентом, видом действия и моментом времени t, в который действие было совершено. Функция $\alpha(a)$, которая каждому действию $a \in \Delta$ ставит в соответствие совершившего его агента $\alpha \in N$.

Пусть на множестве действий задано бинарное отношение частичного порядка «a является причиной b» (или, что будем далее считать эквивалентным, «b является последствием a»), обозначаемое следующим образом: $a \to b$. Если $a \to b$ и $a \neq b$, но при этом не существует такого $c \in \Delta$, что $a \to c$ и $c \to b$, то будем говорить, что a является *непосредственной причиной* b или что a и b являются *последовательными действиями*. Будем обозначать это следующим образом: $a \downarrow b$.

Для каждого действия $a \in A$ определено множество действий $\pi(a)$, являющихся его последствием: $\pi(a) = \{b \in \Delta \mid a \to b\}$.

Значимость множества действий задана функцией $\Phi(S)$: $2^{\Delta} \to [0, +\infty)$. Будем считать, что значимость является монотонной функцией (если $A \subseteq B$, то $\Phi(A) \le \Phi(B)$), и что хотя бы какие-то действия обладают положительной значимостью ($\Phi(\Delta) > 0$).

2 Каналы распространения информации

Каждая последовательность действий $a_1, a_2, \ldots, a_m$, таких, что каждое действие начиная со второго является прямым последствием предыдущего (т.е. $a_1 \downarrow a_2 \downarrow \ldots \downarrow a_m$), определяет канал распространения информации – последовательность агентов, совершивших данные действия: $i_1 = \alpha(a_1), \ldots, i_m = \alpha(a_m)$.

Определим множество действий, совершенных j-м агентом под прямым влиянием i-го агента:

$$\delta_{ij} = \{b \in \delta_j \mid \exists a \in \delta_i \; a \downarrow b\}.$$

Значимость непосредственной связи между i-м и j-м агентами определим как нормированную значимость последствий действий, совершенных j-м агентом под прямым влиянием i-го агента:

$$\xi_{ij} = \frac{\Phi(\pi(\delta_{ij}))}{\Phi(\Delta)}.$$

Каналом распространения можно считать такую последовательность агентов $i_1, i_2, \ldots i_m$ таких, что, во-первых, агенты в последовательности различны, а, во-вторых, значимость связи между каждыми двумя соседними агентами в последовательности достаточно велика:

$$\xi_{12} \ge h, \; \xi_{23} \ge h, \; \ldots, \; \xi_{m-1,\,m} \ge h$$

для некоторого параметра h. При этом величину

$$H = \min\left\{\xi_{12}, \; \xi_{23}, \; \ldots, \; \xi_{m-1,\,m}\right\}$$

назовем *интенсивностью* канала $i_1, i_2, \ldots i_m$.

Увеличивая значение параметра h и находя соответствующие (непосредственные) связи между агентами, можно выявлять все более интенсивные каналы распространения информации.

3 Пример расчета каналов распространения информации

Для дальнейших расчетов введем следующее определение. Назовем *связной структурой каналов с интенсивностью H* – максимальное по включению множество агентов сети, в котором любая пара агентов включена в некоторый канал с интенсивностью не меньшей H.

Рассмотрим пример выявления связных структур каналов в онлайновой социальной сети ВКонтакте (vk.com)[114]. Будем считать, что значимыми для центра являются посты, в которых содержится ключевое слово «Назарбаев» (в любых падежных формах), а также их репосты, комментарии и лайки к ним. В качестве интервала T будем рассматривать 2015 год (т.е. T – это промежуток от 0 часов 0 минут 0 секунд 1 января 2015 года до 23 часов 59 минут 59 секунд 31 декабря 2015 года). Будем считать, что значимость всех действий (постов, репостов, комментариев и лайков) для центра одинакова. В соответствии с формулами раздела 2 можно рассчитать значимость непосредственных связей между пользователями.

На рис. 1 приведено кумулятивное распределение количества связей для полученной выборки по их значимости.

Из рис. 1 видно, что лишь небольшое число связей обладает существенной значимостью, в частности, значимость 99% связей меньше 10.

Для интенсивности $H = 250$ найдены связные структуры каналов, которые приведены на рис. 2. (величина узла нелинейно отражает влиятельность пользователя по начальным действиям (см. [2]), а толщина связи – ее значимость).

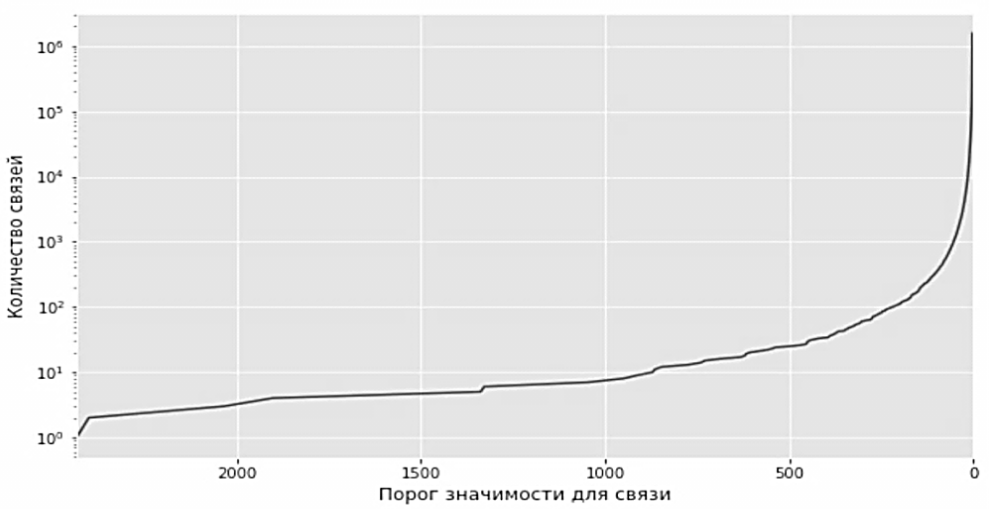


Рис. 1. Кумулятивное распределение количества связей со значимостью не меньшей порога h

Рис. 2 показывает, что связные структуры каналов в данном случае в основном имеют простую форму: состоят из двух узлов. Однако встречаются и более сложные структуры, содержательное объяснение появления которых является перспективным направлением дальнейших исследований.

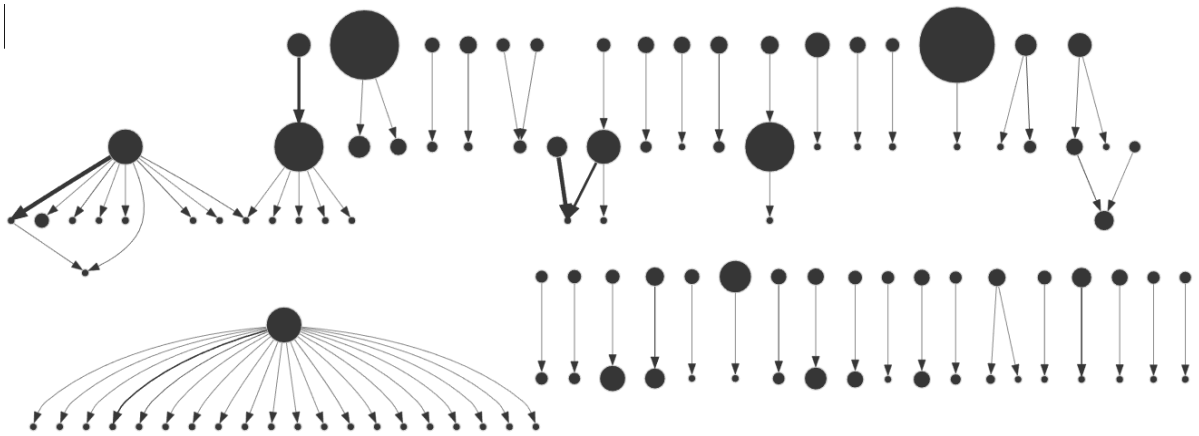


Рис. 2. Графы связных структур каналов (H = 250)

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект 18-29-22042мк).

[114] *Анонимизированные данные были предоставлены для исследований компанией DSS Lab (dss-lab.ru).*

Литература

1. Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г. Концептуальный подход к анализу онлайновых социальных сетей // Управление большими системами. 2013. Вып. 45. С. 222-236.

2.Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г. Влиятельность пользователей и метапользователей социальной сети // Проблемы управления. 2016. №6. С. 12-17.

3. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: МЦНМО, 2018. 224 с.

4.Aggarwal C.C. Social Network Data Analytics. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 2011.502p.

5.Kempe D., Kleinberg J., Tardos E. Maximizing the spread of influence through a social network // Proc. of the 9th ACM SIGKDD Intern. Conf. on Knowledge discovery and data mining. 2003. P. 137—146.

6.Weng J., Lim E.-P., Jiang J., He Q. Twitterrank: finding topic-sensitive influential twitterers // Proc. of the Third Int. Conf. on Web Search and Web Data Mining. 2010. P. 261—270.

О ВЛИЯНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

Гилязова А.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
giliazova@mail.ru

Аннотация: В данной работе исследуется модель предела демографического роста, обусловленного соотношением доступности белковой и калорийной пищи для населения.

Ключевые слова: демографический переход, численность населения, белковый лимит, калорийный лимит, нутрициальная модель демографического роста.

Введение

Прогнозирование демографического роста является важным для государственной политики большинства стран, включая Россию. Одной из широко известных концепций является концепция демографического перехода, согласно которой наблюдаемое в настоящее время снижение темпов рождаемости во многих странах мира чаще всего увязывают прежде всего с социально-психологическими причинами: повышение уровня образованности женщин, изменение культурных установок и т.д. В данной работе рассматривается демографическая модель белкового лимита, основанная не на психологическом, а нутрициальном подходе. Многие демографические эффекты, по-видимому, являются не следствием, а причиной для социально-культурных изменений, что следует учитывать при разработке методов управления.

1 Мотивация для модификации модели демографического перехода

Модель демографического перехода довольно хорошо описывает «симптомы» происходящих в современной демографии событий. Тем не менее их предполагаемые социально-культурные причины, как указывалось выше, далеко не всегда сопутствуют этим событиям, что может быть признаком того, что реальные причины имеют другую природу. Кроме того, указанная модель предполагает, что на протяжении практически всей истории демографические показатели преимущественно находились в зависимости от доступности продуктов питания, несмотря на многообразие культур. Тогда как именно в исторически недавнем времени они стали зависеть в большей степени от культурных ценностей, несмотря на сохраняющееся многообразие культур. В данной работе рассматривается модель белкового лимита, в которой такого изменения причинности не происходит и демографические показатели остаются в преимущественной зависимости от доступности продуктов питания (нутрициальный подход), в первую очередь – доступности белковой пищи.

2 Почему модель белкового лимита особо выделяет роль белковой пищи

В данной работе предлагается раздельно рассматривать изменение производства продуктов питания по следующим группам: а) белковая пища, б) калорийная пища – источник жиров и углеводов, в) прочее – питьевая вода, витамины, микроэлементы.

В основном рассматривается доступность белковой пищи, в связи со следующими соображениями.

А) Труднодоступность. Несмотря на то, что революция в сельском хозяйстве привела к росту производства всех типов продуктов питания, этот рост не был равномерным по рассматриваемым группам. Так, для России прогресс в развитии систем водоснабжения в существенной степени улучшил обеспеченность населения питьевой водой (особенно городского населения). Прогресс в селекции и методах ведения сельского хозяйства позволил сделать массово доступными ряд продуктов, таких как хлеб, крупы и др. Прогресс в химии и биологии позволил сделать доступными многие витамины и микроэлементы в виде пищевых добавок. По отдельным позициям в различных регионах и группах населения возможны дефициты, но предполагается технически и экономически возможным для государства их решить. Тем не менее, продукты питания, являющиеся источниками белка, как например мясо и рыба, являются дорогостоящими для большой доли населения, т.е. труднодоступными. Это обусловлено высокой стоимостью производства этих продуктов. Так, для производства животного мяса требуется в течение некоторого времени кормить животное кормами растительного происхождения, в связи с чем очевидно, что получаемый продукт стоит дороже, чем такие растительные продукты. В нерыночной экономике, например советской, где цена продуктов регулировалась государством, они всё равно оставались труднодоступными (дефицит).

Б) Сложность хранения и транспортировки. Тогда как некоторые углеводные продукты, например рафинированный сахар, могут храниться годами при комнатной температуре, продукты, богатые белками, зачастую являются скоропортящимися и требуют особых условий для хранения (заморозка, консерванты), что увеличивает их стоимость и дополнительно снижает доступность.

В) Незаменимость. Человеческий организм может производить жиры и углеводы из жиров, углеводов и белков, а также запасать их на длительное время в виде жиров. В то же время белки требуется регулярно получать из пищи именно в виде белков. В данной работе для простоты модели не рассматривается разнообразие аминокислот.

Г) Ограниченная торгуемость. Указанная выше сложность хранения и транспортировки ограничивает возможность обеспечивать регионы белковой пищей за счёт торговли. В связи с чем эта обеспеченность в существенной степени привязана к географическому фактору.

Д) Качество. Увеличение производства белковой пищи зачастую связано с ухудшением её качества из-за загрязнения гормонами, антибиотиками и проч., что не всегда происходит при росте производства богатой углеводами пищи, например круп и фруктов, которое может быть достигнуто за счёт увеличения сельскохозяйственных площадей. Данный фактор отчасти связан с упоминаемой выше географической зависимостью производства белковой пищи, поскольку вблизи потребителей, таких как крупный город, может быть недостаточно территории для сельскохозяйственного производства, и в этом случае калорийную пищу можно транспортировать издалека, тогда как производство белковой требуется наращивать вблизи в ущерб качеству. Увеличение транспортировки издалека такого вида пищи зачастую сопряжено с её загрязнением различными консервантами.

Таким образом, хотя революция в сельском хозяйстве сделала все виды продуктов питания более доступными, чем раньше, но рост степени этой доступности не был равномерным по рассматриваемым группам в разных странах.

Наилучший прогресс, по-видимому, достигнут по обеспечению калорийной пищей, богатой углеводами и/или жирами. В настоящее время эта группа продуктов питания хорошо поддаётся хранению и транспортировке, в результате чего можно считать, что для калорийной пищи лимит является экономическим. Обеспеченность питьевой водой во многом зависит от географического региона. Обеспеченность витаминами и микроэлементами зависит от региона, но может в широкой степени регулироваться за счёт применения пищевых добавок.

Обеспеченность белковой пищей для ряда географических регионов России является более низкой относительно других рассматриваемых групп продуктов питания и трудно поддаётся увеличению из-за указанных выше факторов – дороговизна, сложность транспортировки.

Поскольку, как говорилось выше, модель использует нутрициальный подход, то предполагается, что предел численности населения ограничивается сверху доступностью продуктов питания. Поскольку белки нельзя заменить продуктами питания из других групп, то устанавливаемый ими предел численности нельзя преодолеть за счёт увеличения потребления других продуктов, а также за счёт изменения культурных ценностей и т.п.

Такая ситуация, когда предел численности населения, предположительно, ограничен сверху количеством доступной белковой пищи, для краткости предлагается называть ***белковым лимитом*** или белковым пределом роста.

3 Отличия белковой обеспеченности России и Китая

Для Китая и ряда других стран, имеющих доступ к тёплым морям, доступность белковой пищи повышена из-за рыболовства. Экономические затраты на вылов дикой рыбы существенно ниже, чем на выращивание крупного рогатого скота. Кроме того, может влиять распространённость сои, являющейся растительным источником белка, хоть и не с полным набором аминокислот

Литература

1.http://pages.uwc.edu/keith.montgomery/Demotrans/demtran.htm

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СОБЫТИЯ ЧЕРЕЗ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЛН

Градосельская Г.В., Волгин А.Д.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
mss981009@mail.ru, art.volgin@gmail.com

Аннотация: Неожиданно возникающее событие влияет на информационное пространство социальных сетей и через них влияет на социальные процессы в обществе. Эти явления необходимо фиксировать, исследовать и интерпретировать. Однако существующие подходы к сбору и анализу текстовых данных выносят фокусировку на социальных результатах за исследовательские рамки. В данной статье предполагается комплексный подход к рассмотрению информационного пространства как набора информационных событий. Чтобы понять природу информационного события, необходима его декомпозиция до уровня информационных волн. Эти концепты (информационное событие и информационные волны) позволяют выстроить содержательную методологию и получить выводы о природе потоков публикаций, следующих за событием. В качестве примера информационного события анализируется взрыв в Магнитогорске, произошедший 31 декабря 2018 года и имевший широкий общественный резонанс. В статье показывается возможность комбинирования социологической методологии в качестве содержательной аналитической рамки и математико-лингвистических процедур по выявлению текстовых кластеров.

Ключевые слова: сетевой анализ, кластеризация текстов, информационное событие, информационные волны.

1 Проблема декомпозиции информационного события

Рассматривая массивы текстовой информации из социальных сетей, мы исходим из того, что большая часть публикаций является следствием или реакцией на некоторые события, происходящие в реальности или искусственно создаваемые. В данной статье сконцентрируемся на той части публикаций в социальных сетях, которые являются следствием реально произошедших событий. Произошедшее в реальности событие порождает массу публикаций в СМИ и социальных сетях. Роль СМИ не следует приуменьшать, поскольку значительная часть публикаций в социальных сетях является репостами публикаций СМИ, или откликом на них. Опыт наших прикладных исследований больших текстовых массивов по социально-политической тематике показывает, что доля индивидуальной реакции невелика и составляет от 20% до 10%.

Под информационным событием в контексте данного исследования, мы будем понимать опубликованные в СМИ и социальных сетях материалы, имеющие содержательное отношение к реальному событию.

Реальное событие и его информационный след не являются чем-то однородным, они распадаются на составные части: подтемы, аспекты рассмотрения события, его участников, динамики его развития, его социально-политических последствий. Каждая тема, аспект рассмотрения реального события, порождает корпус текстов, распределенных во времени.

Под информационными волнами в контексте данного исследования, мы понимаем ряд публикаций, распределенных во времени, затрагивающих одну подтему в рамках информационного события, имеющих высокую степень сходства по речевым маркерам.

На какие информационные волны распадается информационное событие, по каким законам они распространяются и какое социальное значение имеют – это интересные вопросы, на которые мы попробуем ответить в нашем исследовании.

Для примера рассмотрим взрыв в жилом доме, который случился в Магнитогорске 31 декабря 2018 года. Весь следующий информационный месяц был посвящен рассмотрению последствий этого события, рассмотрению других событий через его призму и т.п. Мы проведем последовательную декомпозицию этого события на составляющие информационные волны и рассмотрим социальные

аспекты распространения информации. Методологической основой рассмотрения информационного события будут являться информационные волны и разработанные в рамках текстового анализа алгоритмы их выявления.

2 Подходы к анализу текстов при исследовании информационных событий

2.1 Исследование событий в информационном пространстве

Вне зависимости от канала-коммуникации, любое СМИ в процессе деятельности всегда конструирует медийные факты, которые являются лишь субъективным отражением реальности [1]. В результате этого, в процессе прохождения информации через журналиста, редактора, политику новостного агентства реальное событие превращается в информационное событие, которое существует только в медиа-пространстве. Новостной текст, рассказывающий о случившимся, нельзя воспринимать как документальное описание реального событии: это всего лишь одна из моделей действительности, созданная в процессе работы журналиста. [2].

Для описания механизма распространения информационного события в социальных сетях мы задействуем понятие информационной волны. Информационная волна – это способ распространения манипулятивных моделей к определенным целевым аудиториям в информационном пространстве [3]. Информационная волна также может трактоваться как поток текстов-реакций на один информационный повод, в котором можно выделять пики и спады общественного интереса [4].

Информационные волны разделяются в зависимости от тональности сообщений (нейтральные, негативные и позитивные), по ключевому типу актора (генерируемые с помощью технических ботов, генерируемые с помощью информационных хабов и генерируемые силами реальных пользователей социальных сетей), по длине (короткие и длинные), по масштабу в зависимости от количества сообщений (малые и большие), по использованию информационных платформ (моноплатформенные и межплатформенные) и по динамике (нисходящие и флуктуационные) [3].

2.2 Методы кластеризации текстовых данных

Для проведения более формального, статического анализа задачу автоматического определения информационных волн можно представить, как задачу нахождения оптимального количества кластеров в массиве сообщений.

Проблема кластеризации, состоящая в обнаружении групп схожих объектов, широко исследовалась для решения широкого спектра задач в статическом анализе текста. Для текстовых данных характерен ряд отличительных признаков, которые важно учитывать при использовании методов кластеризации: (1) большая размерность в сочетании с разреженностью данных: в корпусе текста может содержаться порядка 10^5 уникальных слов, однако отдельный документ может состоять всего лишь из нескольких слов или предложений (2) наличие корреляции слов друг с другом из-за большого корпуса документов, что требует тщательной настройки алгоритмов; (3) необходимость удаление стоп-слов и нормализации токенов [5].

Достаточно часто в задачах кластеризации текста исследователи используют классические статистические методы вроде агломеративной иерархической кластеризации или метода k-средних.

Применение иерархической кластеризации включает последовательное объединение документов на основе наилучшей попарной меры сходства между сгруппированными документами. Преимущество иерархической кластеризации заключается в возможности визуализации полученных результатов в виде дендограммы, которая может быть использована для поиска оптимального решения [6].

Метод k-средних – это итерационный метод разбиения на кластеры. Изначально каждому наблюдению присваивается наиболее близкий к ней случайно расположенный центроид кластера. После каждой итерации выполняется расчет среднего для наблюдений в каждом кластере, который заменяет центроид, определенный на предыдущей итерации, пока не будут выполнены некоторые критерии сходимости [6]. В большинстве случаев обычный метод k-средних дает лучший результат кластеризации, чем иерархический метод для текстовых данных.

Однако ни метод k-средних, ни агломеративная иерархическая кластеризация не подходят нам для решения поставленной задачи, поскольку необходимый алгоритм кластеризации, помимо всего прочего, должен соответствовать следующим критериям:

- Отсутствует необходимость в предварительном указании количества итоговых кластеров
- Может рассчитывать решение с большим количеством кластеров
- Эффективно работает с большим количеством данных

В настоящий момент существуют более продвинутые алгоритмы, которые подходят под все вышеуказанные требования. В нашей работе мы будем использовать три наиболее известных из них: DBSCAN, OPTICS и BIRCH.

DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise) – это метод кластеризации на основе плотности, который решает проблему кластеризации путем обнаружения областей высокой плотности в данных [7]. DBSCAN позволяет определять кластеры произвольной формы и повышает однородность внутри кластера путем фильтрации выбросов и шумов в данных.

Кроме того, существует популярное расширение DBSCAN – алгоритм OPTICS (Ordering points to identify the clustering structure), который позволяет рассчитывать несколько метрик расстояния одновременно: группы наблюдений, относящиеся к различным плотностям, выделяются параллельно. Этот метод не дает явной классификации наблюдений, а скорее генерирует упорядочение данных, отражающее кластерную структуру на основе плотности [8].

Также рассмотрим и алгоритм кластеризации под названием BIRCH (Balanced Iterative Reduction and Clustering using Hierarchies). В данном алгоритме используется метод сжатия, который рассчитывает ряд статистик на данных, и в дальнейшем использует его для кластеризации вместо исходных наблюдений. По сравнению с более простыми методами кластеризации BIRCH позволяет сократить время вычисления более чем на два порядка, при этом сохраняя точность на том же уровне [9]. Данный алгоритм, как и остальные методы, представленные выше, реализован в библиотеке scikit-learn на языке Python 3.7.4.

В роли эталона для сравнения качества работы предложенных алгоритмов будет использоваться экспертная кодировка, осуществляемая по принципу “от информационного повода к информационному событию”. Схожесть полученных кластерных решений с экспертной кодировка будет проверена с помощью ARI (Adjusted Rand Index) и F-меры.

3 Исследование информационного события на примере взрыва в Магнитогорске в 2018 г.

В качестве примера декомпозиции информационного события был выбран резонансный инцидент взрыва дома в Магнитогорске, случившийся 31 декабря 2018 года. Для получения доступа к медиа-сообщениям об этом событии мы воспользовались услугами компании по мониторингу и анализу СМИ “Медиалогия”.

Всего был скачано 50,547 статей и 397,107 сообщений о взрыве в Магнитогорске, которые были опубликованы на новостных сайтах и в различных социальных сетях (включая “ВКонтакте”, “Одноклассники” и “Facebook”) с 31 декабря 2018 года по 29 января 2019 года.

Релевантные сообщения об инциденте были отделены от общего информационного потока с помощью следующего поискового запроса: “Магнитогорск & (взрыв | катастрофа | обрушение | теракт | трагедия | спасатели | Путин | ИГИЛ | газ | Шахты | маршрутка | траур | переселение | расселение | завал | террорист | Газель | Фокин | эвакуация | Следственный комитет | ФСБ | кошмар | ужас | пранкер | соболезнования | пожертвования)”.

Для выявления информационных волн был использован метод определения сообществ FastGreedy [10] на матрице попарной схожести между сообщениями. В качестве меры схожести использовался коэффициент Жаккара.

Как уже опоминалось выше, возможны оба направления консолидации элементарных подволн: и от событий к информационным волнам, и от волн – к информационным событиям.

Всего после взрыва в Магнитогорске за следующий месяц было зафиксировано более 200 волн – по привязке к разным подтемам-событиям. Число репостов в каждой волне составляло от 20,000 до 300. Каждая из этих волн по смысловому сходству разбивается еще на несколько подволн (в среднем около 5 в каждой волне).

Можно привести и другой пример, когда определенные технически подволны объединялись по отнесению к одному событию. Например, в СМИ и социальных сетях широко освещалась история спасения мальчика Вани Фокина из-под завалов.

Условно назовем все это событие «Спасение 10-месячного ребенка из-под завалов», оно распадается на 68 подсобытий-подволн. Основной шлейф события длился 30 дней, которые освещались 23 подволнами.

Распределение информационных волн, описывающих одно событие («Спасение 10-месячного ребенка из-под завалов») по времени показаны ниже на рисунке 1.

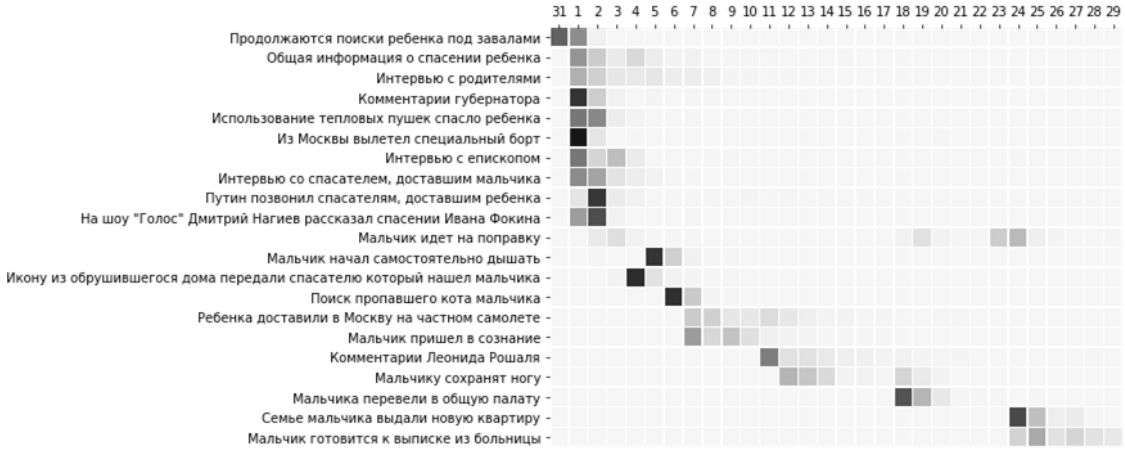


Рис 1. Распределение информационного события о спасении ребенка по социальным сетям

Как видим около 40% всех подволн приходится на 2-4 день события (не на первый). В первый день публикуется и распространяется основное фактологическое сообщение. За этот же день формируется реакция журналистов, и потенциальные подтемы развития этого события. Во второй день публиковались в основном рестроспективные расширения исходной темы (интервью с губернатором, родителями, спасателями). Потом происходит резкий спад интереса, и последовательно освещаются сопутствующие этапы развития события (перевозка в Москву, пребывание в детской больнице, комментарии врача и т.п.).

Ниже показано распределение подволн по событию по двум социальным сетям (Вконтакте и Одноклассники).

Обратим внимание, что сети фактически специализируются на разных темах. Во Вконтакте показаны более политические аспекты видения события (реакция Путина, Губернатора, справки о здоровье ребенка). Фактически, этот конкретный случай стал основой для политического позиционирования. В Однокласниках, наоборот, более широкое распространение получили семейно-психологические подтемы (новая квартира семьи, интервью с родителями, комментарии врача и т.п.).



Рис 2. Распределение информационного события о спасении ребенка по социальным сетям

4 Выводы и рекомендации

Практические результаты исследований распространяющейся текстовой информации показывают, что традиционные математико-лингвистические подходы к исследованию больших массивов текстов не дают желаемую глубину анализа.

Современная информация в своей основе производится и распространяется по весьма определенным социальным законам. Поэтому для понимания информационных процессов невозможно ограничиваться традиционным кластерно-лингвистическим анализом текстовых массивов.

Исследования по Магнитогорску и другие наши исследования текстовых массивов по разным темам показывают, что свыше 80% распространяемой информации являются информационными

волнами. Из этого следуют, как минимум, два вывода: во-первых, информационное пространство по большей части является манипулятивным; во-вторых, манипулятивная часть развивается и распространяется по определенным социальным правилам, которые необходимо исследовать.

В качестве резюме можно предположить, что число факторов влияния намного меньше, чем объем текстового массива, и их взаимосвязь зачастую может быть вовне массива – т.е. установить прямую причинно-следственную связь может быть затруднительно.

Можно рекомендовать при исследовании больших массивов текстов по социально-политической тематике и из социальных источников интегрировать социальные и математические подходы, разрабатывать новую методологию, направленную на понимание глубинных причинно-следственных процессов, происходящих в информационном пространстве.

Литература

1. *Ермоленкина Л.И.* Информационное событие как репрезентация картины мира радиодискурса // Вестн. Том. гос. ун-та. Филология. 2010. №3 (11).
2. *Рабкина Н.В.* Медиасобытие в интернет-хронотопе: В. В. Путин и «Кольцо рыбака» // Вестник КемГУ. 2015. №2-3 (62).
3. *Градосельская Г.В., Щеглова Т.Е., Карпов И.А*. Информационные волны в социальных сетях: проблематизация, определение, механизмы распространения – М.: Системы высокой доступности, 2018. Т. 14. № 3. С. 87-91.
4. *Gradoselskaya G., Shcheglova T., Karpov I.* Information Waves on Social Networks: Problematization, Definition, Distribution Mechanisms, Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD-2018). M.: IEEE. 2018. – P. 1-4.
5. *Aggarwal C.C., Zhai C.* A Survey of Text Clustering Algorithms // Mining Text Data. 2012. – P.77-128.
6. *Alnajran N.* Cluster Analysis of Twitter Data: A Review of Algorithms // 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence. 2017 – P.239-249.
7. *Ester M., Kriegel H., Xi X.* A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise // Spatial, Text & Multimedia. 1996. – P.226-231.
8. *Ankerst M., Sander J.* OPTICS: ordering points to identify the clustering structure // ACM SIGMOD. 1999.
9. *Berkhin P.* A Survey of Clustering Data Mining Techniques // Grouping Multidimensional Data. 2006. – P.25-71.
10. *Newman M.E.* Fast algorithm for detecting community structure in networks // Physical Review E. 2004.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЛН В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Градосельская Г.В., Щеглова Т.Е.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

mss981009@mail.ru, tshcheglova@hse.ru

Аннотация: Подходы к рассмотрению событий в информационном пространстве преимущественно разрабатывают математики, уделяя недостаточно внимания теоретической составляющей. В статье проводится обоснование теоретико-методологического подхода к рассмотрению информационных процессов с точки зрения социальных наук. Рассматриваются два ключевых концепта: информационное событие как фокус процесса и информационные волны как механизм создания событий.

Ключевые слова: сетевой анализ, распространение информации, социальные сети, информационные волны, информационное событие.

1 Информационное событие как часть информационного потока

Существует множество подходов к рассмотрению процессов, происходящих в информационном пространстве. Количественные исследования информационных процессов реализуют в основном математики через подходы из естественных наук (физики, биологи и пр.). Практический эффект таких подходов показывает существующий теоретический вакуум в рассмотрении информационных процессов, происходящих в социальном пространстве. В статье проводится обоснование теоретико-методологического подхода к рассмотрению информационных процессов с точки зрения социальных наук. В тесной взаимосвязи рассматриваются два ключевых концепта: информационное событие как фокус процесса, и информационные волны как механизм создания событий.

Базовое допущение, на котором мы строим дальнейшее исследование – о том, что информационное пространство является площадкой для манипулирования в интересах разных акторов. Это допущение, в свою очередь, основано на наших предыдущих исследованиях, которые

показали, что естественная реакция пользователей в информационном потоке составляет всего 10-20%, остальное – это манипулятивные практики и информационные волны. Это распространяется на социальные сети и публикации Интернет-СМИ.

Если тексты не являются естественной реакцией на произошедшее событие или другие публикации, то тогда они, как правило, имеют следующие характеристики:

- несут в себе социальный смысл, который закладывается авторами и угадывается целевой аудиторией;
- являются инструментом манипуляции целевыми аудиториями (массовыми и нет);
- способствуют социальному проектированию будущего;
- способствуют выстраиванию идентичности персон на разных уровнях.

Перспектива исследования заключается в разработке методологи, и далее – автоматической типологизации текстов.

На рисунке 1 показана принципиальная схема механизма коммуникативного воздействия СМИ на общественно-политическую и социальную ситуацию. Социально-проективная, иинформационная кампания всегда имеет актора влияния (персону, организацию или государство), в интересах которых она проводится. Реальное событие может произойти или не произойти, информационный повод может быть выдуман и без реального события. На этапе «Информационного повода» и «СМИ» происходит конструирование смыслов, отображение их в виде речевых маркеров, и с их помощью – искажение реальности. Одновременно со смыслами в целевых аудиториях распространяется и «правильная» социально-политическая активность как реакция на искаженную реальность – вплоть до радикальных действий. За счет быстрого распространения информации, целевые аудитории практически одновременно приходят к унимодальному пониманию происходящего. Таким образом обеспечивается донесение ключевых смыслов до целевой аудитории. Целевые аудитории конструируются под дальнейшие задачи авторов информационной кампании – в том числе и для социально-политической мобилизации. Структура текста – участника информационной кампании, характеризуется наличием информационного повода, аргументов и информационного события. Информационный повод трансформируется в информационное событие, используя набор аргументов. Информационный повод – любое событие, которое является обоснованием (легитимацией) для написания текста. Это событие может быть, как реальным, так и вымышленным. Повод четко идентифицируется речевыми маркерами. В одном тексте может быть несколько поводов (но, как правило, не больше 2-3). Иногда информационный повод может отсутствовать. Аргументы публикации – это структура обоснования, при помощи которой автор приводит читателя к определенным выводам, и тем самым проектирует информационное событие. Аргументы четко идентифицируются речевыми маркерами. Аргументов может быть довольно много (до 20-30 на один текст). В случае информационной компании аргументы могут копироваться из текста в текст всего пула авторов, задействованных в представлении интересов одной из сторон. Информационное событие – это результат, итог написания текста, тот вывод к которому подводят читателя. В одном тексте может быть несколько информационных событий (но, как правило, не больше 2-3). Если речь идет об экспертном, профессиональном тексте – информационное событие всегда присутствует. Информационное событие не всегда можно маркировать речевыми маркерами, так как вывод читателя, или побуждение к неким действиям может закладываться социально-манипулятивными приемами. Под информационным событием в контексте данного исследования, мы будем понимать опубликованные в СМИ и социальных сетях материалы, имеющие содержательное отношение к реальному событию.

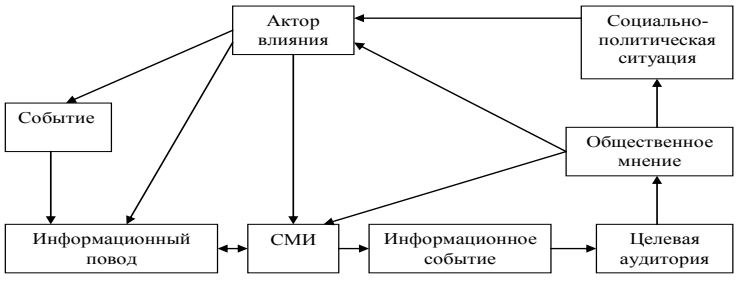


Рис. 1. Концептуальная схема механизма коммуникативного воздействия СМИ

Реальное событие и его информационный след не являются чем-то однородным, они распадаются на составные части: подтемы, аспекты рассмотрения события, его участников, динамики его развития, его социально-политических последствий. Каждая тема, аспект рассмотрения реального события, порождает корпус текстов, распределенных во времени.

Информационная волна является тем механизмом, который обеспечивает переход реального события в информационное. Мы даем два определения информационных волн – теоретическое и операциональное. С одной стороны, иинформационная волна – управляемое распространение информации по целевым группам для достижения социальных эффектов. С другой стороны, под информационными волнами в контексте данного исследования, мы понимаем ряд публикаций, распределенных во времени, затрагивающих одну подтему в рамках информационного события, имеющих высокую степень сходства по речевым маркерам.

2 Подходы к анализу распространения информации

2.1. Распространение информации как социальный процесс: события и волны

Вне зависимости от канала-коммуникации, любое СМИ в процессе деятельности всегда конструирует медийные факты, которые являются лишь субъективным отражением реальности [1]. В результате этого, в процессе прохождения информации через журналиста, редактора, политику новостного агентства, реальное событие превращается в информационное, которое существует только в медиа-пространстве. Новостной текст, рассказывающий о случившимся, нельзя воспринимать как документальное описание реального событии: это всего лишь одна из моделей действительности, созданная в процессе работы журналиста [2].

Для описания механизма распространения информационного события в социальных сетях мы задействуем понятие информационной волны. Информационная волна – это способ распространения манипулятивных моделей к определенным целевым аудиториям в информационном пространстве [3]. Информационная волна также может трактоваться как поток текстов-реакций на один информационный повод, в котором можно выделять пики и спады общественного интереса [4].

Информационные волны разделяются в зависимости от тональности сообщений (нейтральные, негативные и позитивные), по ключевому типу актора (генерируемые с помощью технических ботов / информационных хабов / силами реальных пользователей социальных сетей), по длине (короткие и длинные), по масштабу в зависимости от количества сообщений (малые и большие), по использованию информационных платформ (моноплатформенные и межплатформенные) и по динамике (нисходящие и флуктуационные) [3, 5].

2.2. Сетевой подход к информационным всплескам: эффект «эхо-камеры»

Сетевой анализ не является единым, теоретически однородным научным направлением. Как показывает теоретическая работа Д.В. Мальцевой [6], теоретические концепты здесь возникают скорее под влиянием некоей моды, или появления нового явления, требующего изучения, чем под влиянием четкого понимания объекта и предмета своего научного направления.

Явление быстрого и явно неестественного распространения информации не могло ускользнуть от внимания представителей сетевого анализа. Такому распространению зачастую способствовало то, что социальные медиа в Интернете как-бы склоняли пользователей потреблять социально-политический контент близкий к их убеждениям, и избегать тот, с которым они не согласны [7]. Исследователи обозначили это явление концептом «эхо-камера». Этот концепт быстро вошел в моду и стал самостоятельным артефактом в сетевых исследованиях, с растущим числом публикаций (стал информационным событием через реализацию волны публикаций).

Эхо-камеры создают замкнутые пространства мнений со своими собственными речевыми маркерами и смыслами [8]. Когда пользователи потребляют контент только из групп, с идеологией которых они согласны, легче «подсунуть» им недостоверную информацию под видом реальных фактов.

2.3. Математический подход к распространению информации: исследовании каскадов

Математический подход в прикладных исследованиях распространения информации также весьма интересен. Один из популярных подходов в исследовании информации представлен теорией каскадов. Этот подход основывается на естественнонаучных предпосылках к распространению – по аналогии с тем, как распространяются болезни и эпидемии. Информационные каскады возникают внутри социальной системы, когда каждому ее члену необходимо решить: принять поведение предыдущих акторов или совершить какое-то действие. Индивиды принимают решения

последовательно и могут наблюдать за тем, какие действия совершают другие индивиды. В результате на их решение совершить какое-либо действие могут повлиять действия окружения [9].

Информационные каскады представляют собой структуру отношений между пользователями, которые распространяют один и тот же контент [10]. Главным упущением данного подхода является то, что он не учитывает параллельно распространяемые тексты с видоизмененной структурой, но тем же смыслом и посылом.

3 Выводы и рекомендации

Наш краткий теоретический обзор показывает растущую дифференциацию в понимании информационных процессов со стороны многих наук. Одновременно, в прикладных исследованиях преобладает технический подход – переноса методов из естественных наук, без попытки объяснить суть производящих явлений. Мы придерживаемся точки зрения, что передача информации – социальный процесс. Наша работа является попыткой восполнить пробел между социально-теоретическими построениями и прикладными алгоритмическими инструментами – развитием методологии, обеспечивающей связующую логику. Ключевыми концептами развиваемой нами методологии являются «информационные события» и «информационные волны».

Прикладное применение исследований информационных событий и волн может способствовать решению многих актуальных задач, связанных с информационным пространством Интернета. Можно понять, носит ли данное информационное событие естественный или искусственный характер. Становится возможным определение участников информационных кампаний (СМИ и аккаунты в соцсетях). Если сравнить несколько однотипных информационных кампаний, можно определить постоянных распространителей заказного контента и определить стратегию работы с ними.

Более подробное изучение информационных событий может способствовать заблаговременному картированию сетей распространителей заказного контента в российских регионах. Таким образом можно способствовать решению проблемы поиска ботов и информационных хабов – «полуестественных» распространителей информации, которых сложно определить автоматически.

Распространение информационных волн, как правило, происходит под формирование некоего информационного события, переходящего в социальное (имеющее проектируемые социальные последствия). Такие информационные тренды можно диагностировать заблаговременно и предупреждать. В этом ключевыми являются даже не столько исследование информационных волн, сколько разработка технологий по предупреждению негативных социальных последствий.

*Исследование финансировалось в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».

Литература

1. *Ермоленкина Л.И.* Информационное событие как репрезентация картины мира радиодискурса // Вестник ТГУ Филология. 2010. №3 (11). – С.15-25.

2. *Рабкина Н.В.* Медиасобытие в интернет-хронотопе: В. В. Путин и «Кольцо рыбака» // Вестник КемГУ. 2015. №2-3 (62). – С.190-193.

3. *Градосельская Г.В., Щеглова Т.Е., Карпов И.А.* Информационные волны в социальных сетях: проблематизация, определение, механизмы распространения – М.: Системы высокой доступности, 2018. Т. 14. № 3. – С.87-91.

4. *Болотнов А.В.* О некоторых закономерностях формирования информационных волн в современном медиадискурсе // Вестник ТГПУ. 2017. №11 (188). – С.46-52.

5. *Gradoselskaya G., Shcheglova T., Karpov I.* Information Waves on Social Networks: Problematization, Definition, Distribution Mechanisms // IEEE Proceedings of the 2018 Eleventh International Conference «Management of large-scale system development» (MLSD, Moscow). 2018 – P.1-4.

6. *Мальцева Д.В.* Сетевой подход в социологии. Генезис идей и применение. Новосибирк, 2017. – 220с.

7. *Dokuka S., Koltcov S., Koltsova O., Koltsov M.* Echo Chambers vs Opinion Crossroads in News Consumption on Social Media // Springer proceedings of the 7th International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts. 2018. – P.13-19.

8. *Bodrunova S., Blekanov I., Kurakin M.* Multi-dimensional Echo Chambers: Language and Sentiment Structure of Twitter Discussions on the Charlie Hebdo Case // HCI International 2018 – Posters' Extended Abstracts. HCI 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 850. Springer, Cham. 2018. – P.393-400.

9. *Hui C., Tyshchuk Y.,Wallace W.,* Magdon-Ismail M., Goldberg M. Information cascades in social media in response to a crisis: a preliminary model and a case study // Proceedings of the 21st International Conference on World Wide Web. 2012. – P.653-656.

10. *Anderson A., Huttenlocher D., Kleinberg J., Leskovec J., Tiwari M.* Global Diffusion via Cascading Invitations: Structure, Growth, and Homophily // Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web (WWW'15). 2015. – P.66-76.

О МОДЕЛИ ПОЛЯРИЗАЦИИ МНЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Губанов Д. А., Петров И. В.

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН

Россия, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

dmitry.a.g@gmail.com, zyxzy@protonmail.ch

Аннотация: Предложена модель динамики мнений в социальных сетях, в которой рассматриваются два взаимосвязанных процесса: распространение активности и формирование мнений. Показано, что при определенных условиях мнения агентов в сети поляризуются.

Ключевые слова: социальные сети, формирование мнений, распространение активности, поляризация мнений.

Введение

Основополагающие работы в области динамики представлений агентов в социальных сетях исследуют и моделируют в первую очередь достижение консенсуса, когда взаимодействие между членами социальной сети приводит к постепенному согласованию их мнений (см. напр. [0, 0, 0]). Однако в социальных сетях помимо консенсуса наблюдается и другие значимые социально-психологические феномены: кластеризация мнений, групповая поляризация, поляризация мнений, нонконформизм и т. п. Поэтому актуальной является разработка новых математических моделей, учитывающих эти феномены [0, 0, 0]. В докладе предлагается модель динамики мнений, которая при определенных условиях приводит к сохранению различий в мнениях агентов и поляризации мнений агентов (усилению различий во мнениях агентов).

1 Модель динамики мнений

Участниками социальной сети будем считать агентов из фиксированного множества $N = \{1, 2, \ldots, n\}$. Рассмотрим два информационных процесса в сети: процесс возбуждения агентов и совершения ими действий (например, в виде публикации сообщений), и связанный с ним процесс формирования мнений агентов и выражения мнений в действиях.

Распространение активности. Предположим, что каждый из агентов обладает некоторым присущим ему уровнем готовности к действию. Например, i-ый агент обладает уровнем готовности к действию $p_i^{(0)} \in [0,1]$, в соответствии с которым совершает действие $y_i^{(0)} \in \{0,1\}$. Однако в последующие моменты времени t = 1, 2, … уровень готовности агента к действию зависит также от действий, совершенных его окружением в сети:

$$p_i^{(t)} = \alpha p_i^{(0)} + (1-\alpha)\sum_{j\in N} a_{ij} y_j^{(t-1)}$$

где $\alpha \leq 1$ (может интерпретироваться как индивидуальная особенность – некоторые склонны писать чаще, некоторые реже, вне зависимости от поведения окружения), A – стохастическая матрица влияния. Соответственно, агент выполнит действие с вероятностью

$$P\left(y_i^{(t)} = 1\right) = p_i^{(t)}$$

Содержательно, готовность агента связана с активностью его окружения, например, если все вокруг пишут чаще, то и агент пишет чаще.

Формирование мнений. Агенты имеют мнения по некоторому вопросу. Будем считать, что имеется m классов «крайних» мнений, и мнение i-ого агента в каждый t-ый момент времени представляет собой m-компонентный стохастический вектор $x_i^{(t)}$. Агент выражает свое мнение в действиях (сообщениях), причем высказанное им мнение $s_i^{(t)}$ является одним из крайних вариантов. Высказывание мнения происходит с вероятностями, совпадающими с компонентами вектора $x_i^{(t)}$:

$$P\left(s_i^{(t)} = I_{*l} \,|\, y_i^{(t)} = 1\right) = x_{il}^{(t)}$$

Динамика мнений i-ого агента задается следующим образом:

$$x_i^{(t)} = \beta x_i^{(0)} + (1-\beta)\left(b_{ii}^{(t-1)} x_i^{(t-1)} + \sum_{j\in N_i} b_{ij}^{(t-1)} s_j^{(t-1)}\right)$$

где коэффициент $\beta \leq 1$ отражает приверженность своему начальному мнению, N_i – множество соседей i-ого узла в сети (узлов, оказывающих ненулевое влияние), $B^{(t)}$ – матрица доверия агента сообщениям соседей.

Матрица доверия является переменной и отражает зависимость степени доверия агента сообщениям других агентов от их содержания [7]. В данном случае агент максимально доверяет соседям, сообщающим информацию, совпадающую с его мнением:

$$b_{ij}^{(t)} = \begin{cases} \phi\left(d_{ij}^{(t)}\right), & j \in N_i \wedge y_j^{(t)} = 1 \\ 1, & j = i \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где $d_{ij}^{(t)} = \frac{\sum_{l=1}^{m}\left|x_{il}^{(t)} - s_{jl}^{(t)}\right|}{2}$ – расстояние между мнениями агентов i и j, а ϕ – монотонно убывающая функция на полуинтервале [0, +∞). Примерами такого рода функций могут быть, например, $\phi(d) = e^{-\gamma d}$ или $\phi(d) = 2/(e^{2d} + 1)$, или $\phi(d) = \max\{0, -\frac{d}{\gamma} + 1\}$, и т. д. (см. графики функций на рис. 1).

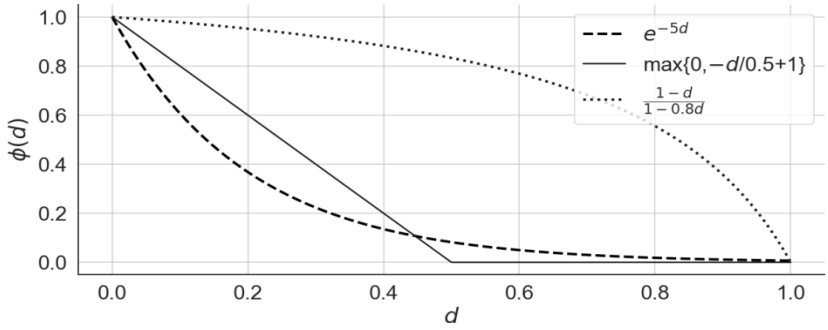


Рис. 1. Примеры функций $\phi(d)$

Далее будем считать, что выполняется условие нормировки по строкам, т. е. $B^{(t)}$ – стохастическая матрица. Тогда элемент матрицы $b_{ij}^{(t)}$ можно интерпретировать как вероятность выделения i-ым агентом мнения, высказанного j-ым агентом.

2 Имитационное моделирование

В целях иллюстрации качественных особенностей модели, рассмотрим её в несколько упрощенной форме: на протяжении всего раздела будем считать $\alpha = \beta = 0$, матрица A соответствует полному графу и $\phi(d) = \max\{0, 1 - \frac{d}{\gamma}\}$. При таком выборе параметров и вида функции $\phi(d)$, в модели возникает внутригрупповое взаимодействие: «инициаторами» таких групп выступают активные агенты, а i-ый неактивный узел принимает сообщения от j-ого активного узла только при $d_{ij}^{(t)} < \gamma$ (рис. 2). Поскольку матрица A связей между агентами соответствует полному графу, наличие ребер и их направление полностью определяется матрицей $B^{(t)}$.

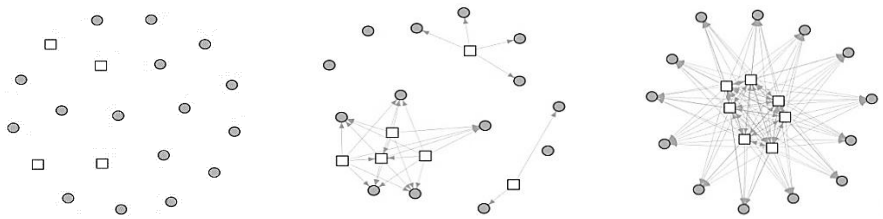


Рис. 2. Взаимосвязь процессов активности и доверия при k=0 для разных γ: $\gamma = 0.1$ (слева), $\gamma = 0.5$ (в центре), $\gamma = 1$ (справа). Тип вершин отражает текущее состояние агента (□ – активен, ● – неактивен)

Рассмотрим случай двухкомпонентного вектора мнений. Пусть в момент времени $t = 0$ агенты (их первая компонента мнений) равномерно распределены на отрезке [0.1, 0.9]. В такой размерности

зависимость траекторий $x_i^{(t)}$ легко представить графически (рис. 3). В случае $\gamma < 1/2$ возникает множество агентов, невосприимчивых к сообщениям соседей. Для $1/2 \leq \gamma \leq 1$ агенты, чья первая компонента $x_i^{(0)}$ лежит в интервале $[1-\gamma, \gamma]$, могут попасть под влияние сообщения $s^{(t)} = (0,1)$ или $s^{(t)} = (1,0)$ в зависимости от активности соседей: в такой ситуации, агент имеет склонность отдавать предпочтение информации, полученной первой [7].

На рис. 3 показаны различные эффектны динамики мнений: сохранение различий во мнениях (верхний ряд слева), согласование мнений – консенсус (нижний ряд справа), а также усиление различий во мнениях или поляризация (верхний ряд справа). Рассмотренные примеры показывают, что предлагаемая модель динамики мнений является достаточно гибкой и содержательно богатой, позволяя учитывать значимые эффекты формирования мнений в социальных сетях, в том числе поляризацию мнений. Перспективным направлением дальнейших исследований является моделирование динамики мнений для более сложных сетевых структур, а также исследование задачи управления.

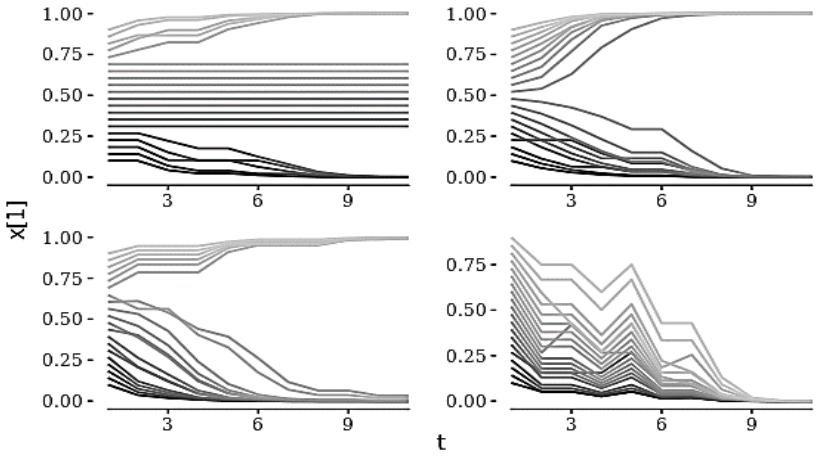


Рис. 3. Траектории первой компоненты вектора $x_i^{(t)}$ для каждого i в случае m=2, n=20. Верхний ряд: $\gamma = 0.3$ (слева), $\gamma = 0.5$ (справа). Нижний ряд: $\gamma = 0.7$ (слева), $\gamma = 1$ (справа).

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты 18-29-22042мк, 17-07-00541а)

Литература

1. *Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г.* Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: МЦНМО, 2018. 224 с.
2. *De Groot M. H.* Reaching a Consensus // Journal of American Statistical Assotiation. 1974. № 69. P. 118-121.
3. *Deffuant G., Neau D., Amblard F., Weisbuch G.* Mixing beliefs among interacting agents // Advances in Complex Systems. 2000. Vol. 03. P. 87–98.
4. *Kozitsin I. V., Belolipetskii A. A.* Opinion convergence in the Krasnoshchekov model // The Journal of Mathematical Sociology. 2019. Vol. 43. No. 2. P. 104-121.
5. *Parsegov S. E., Proskurnikov A. V., Tempo R., Friedkin N. E.* Novel Multidimensional Models of Opinion Dynamics in Social Networks // IEEE Transactions on Automatic Control. 2017. Vol. 62. No. 5. P. 2270-2285
6. *Petrov A., Proncheva O.* (2018) Modeling Propaganda Battle: Decision-Making, Homophily, and Echo Chambers. In: Ustalov D., Filchenkov A., Pivovarova L., Žižka J. (eds) Artificial Intelligence and Natural Language. AINL 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 930. Springer. P. 197-209. 7. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-01204-5_19
8. *Myers D. G.* Social Psychology. McGraw-Hill, 1999.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ В БАЗОВЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Губернаторов А.М., Александрова И.А.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва ул. Ленинградский проспект, д 49
gubernatorov.alexey@yandex.ru, iralex_65@mail.ru

Аннотация: В представленной статье определены направления перехода стекольной промышленности от традиционной концепции построения бизнес-моделей, основанной на ресурсном подходе к новой концепции цифрового производства и обосновывается ее значимость, востребованность и эффективность..

Ключевые слова: цифровая экономика, стекольная промышленность, цифровая платформа.

Концепция Индустрии 4.0 рассматривается как совокупность технологий (работа с большими данными (предиктивная аналитика и др.), интернет вещей / индустриальный интернет вещей, agile-подходы к управлению разработкой новых продуктов, "умные" производственные системы (умные фабрики), технологии дополненной и виртуальной реальности и др.), которые значительно трансформируют бизнес-процессы и бизнес-модели в части децентрализации "производственных" систем (под производственными системами понимается не только производство товаров, но и оказание услуг), повышается доходности от "производства штучной продукции" и "производство" может быть прибыльным для каждого конкретного потребителя, идет ориентация на контракты жизненного цикла (то есть добавленная стоимость рассчитывается на весь период от производства до утилизации продукта/услуги).

Основными положительными эффектами от внедрения процессов цифровизации на отечественных предприятиях независимо от отрасли и сферы деятельности могут стать: увеличение доходности предприятия за счет эффективности производства; повышение контроля за производственным процессом и его результатами; увеличение объема выпускаемой продукции за счет повышения загрузки текущих производственных мощностей; повышение качества выпускаемой продукции и снижение количества брака и отходов; повышение контроля за работой персонала и повышение производительности труда; ускорение оборачиваемости производственных материалов и в целом оборотных активов; наращивание объема экспорта продукции за пределы РФ.

Термин «Стекольная Идустрия 4.0» появился в контексте процессов формирования цифровой экономики, что несомненно позволяет заключить, что данный термин необходимо рассматривать во взаимосвязи с термином «цифровая экономика» [1]. Из множества определений цифровой экономики следует, что особым ее предметом является экономическая деятельность, коммерческие трансакции и профессиональные взаимодействия, построенные на новых принципах за счет использования информационно-коммуникационных технологий. А следовательно, сутью «Стекольная Идустрия 4.0» является развитие совокупности производственных, экономических отношений в стекольной отрасли на основе цифровых подходов и средств. Итого, в словосочетании цифровая экономика (а значит и «Стекольная Идустрия 4.0») определяющим словом является «экономика», а прилагательное «цифровая» лишь указывает на средства достижения цели!

Основная задача «Стекольная Идустрия 4.0» — уничтожение резко растущих издержек интеграции стекольных организации и рыночных трансакций появление цифровой платформы в любой индустрии (uber, airbnb, amazon, cainiao, smartcat, и т.д.) приводит к существенному сокращению трансакционных издержек и ускорению операционных циклов ее участников и стекольная отрасль не должна являться исключением.

Цифровая трансформация (цифровизация) в стекольной отрасли — это прежде всего создание новых бизнес-моделей, новых рынков с опорой на возможности цифровой экономики.

Характерным признаком «Стекольная Идустрия 4.0» является создание новых бизнес-моделей, объединяющих физический и цифровой миры. А такое объединение возможно тогда, когда умные машины начинают формировать и использовать цифровые модели физического мира. Именно это обеспечивает самостоятельность принятия машинами решений в режиме близком к реальному времени. Иногда кажется, что для новых бизнес-моделей «Стекольная Идустрия 4.0» достаточно появление средств информирования человека, который все же будет сам принимать решения. Но экспериментальные проекты показали, что люди через некоторое время перестают интересоваться новыми моделями поведения, предъявляющими к ним слишком высокие требования. Нужно, чтобы инициативу перехватили кибер-физические системы, действие которых должно осуществляться как то самое чудодейственное слабительное из одной старой рекламы «без нарушения сна человека». А

для этого машины должны руководствоваться не стандартами и жесткими алгоритмами, а целями, заданными людьми, и цифровыми моделями фрагментов реального мира.

Для обеспечения высокой степени конкурен¬тоспособности современного стекольного предприятия необходимо реализовать компоненты современных цифровых производственных технологий по следующим направлениям:

1. Использование подходов к созданию и развитию команд управления проектами для их эффективной совместной работы в раз-личных географических локациях и странах;

2. Создание и внедрение методики согла¬сования технических характеристик обору¬дования, поставляемого для российских стекольных предприятий;

3. Управление сроками производственно¬го жизненного цикла стекольного предприятия;

4. Контроль качества поставляемой про¬дукции на заводах - производителях;

5. Обеспечение интеграции оборудования, поставляемого иностранными парнёрами, с оборудованием отечественных произво-дителей;

6. Формирование логистических марш¬рутов в условиях жёстких климатических условий и удалённости мест доставки;

7. Обеспечение монтажных и пуско- наладочных работ в жёстких условиях;

8. Обеспечение сервисной поддержки и ис¬полнения увеличенных сроков гарантий¬ных обязательств.

Литература

1.Glasstec 2016: Стекло – материал будущего. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.glassnews.info/?p=7809

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЁЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Дадашев М.Н., Апполонов И.В., Филенко Д.Г.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Россия, г. Москва

Ленинский проспект, д. 65/1

jnus@mail.ru, apolon@mail.ru, denfile@yandex.ru

Аннотация: Рассмотрены некоторые вопросы обеспечения качества и надежности изделий машиностроения и изделий специализированного технологического оборудования. Показано, что статистическая обработка экспериментальных данных по методу «скользящих» средних и методу последовательных разностей дает существенное уточнение результатов, непосредственно влияющих на показатели качества создаваемой продукции.

Ключевые слова: качество, надежность, стабильность, оценка, продукция, изделия машиностроения,

В работе рассматриваются некоторые вопросы обеспечения стабильности конкурентных значений показателей качества и надежности важнейших потребительских свойств (ВПС) создаваемых изделий и технологий в машиностроительной отрасли. Отмечены некоторые особенности и специфика обработки статистической информации по результатам испытаний изделий и средств технологического оснащения (СТО) их производств, изготавливаемых в условиях недостаточной стабильности и (или) подконтрольности техпроцессов. В рамках данного подхода предлагается методика обеспечения стабильности технологических процессов на основе анализа и количественной оценки интегральной точности изготовления изделий на определенных подконтрольных маршрутах (участках, переходах). Математическая модель исследования и обеспечения стабильности техпроцессов рассматривается в рамках общей теории нормальных случайных процессов и теории их выбросов. При этом в качестве выбросов рассматриваются случайные отклонения параметров от некоторых заданных траекторий (технологических маршрутов) на подконтрольных участках, операциях, переходах. Конкретный технологический процесс рассматривается как одна из реализаций многомерного нормального случайного процесса (стационарного или квазистационарного), подконтрольного на определенных участках (операциях, переходах) в оптимально выбранных контрольных точках. В этих точках фиксируются (непосредственно измеряются или рассчитываются по некоторым имитационным алгоритмам) некоторые количественные признаки, характеризующие конкретные «мгновенные» значения точности

техпроцессов. Результаты статистической обработки оцениваются по методу «скользящих» средних при закономерном смещении центров группирования и по методу последовательных разностей при незакономерном смещении центров группирования измеряемых параметров. На конкретном примере показано, что статистическая обработка экспериментальных данных по методу «скользящих» средних и методу последовательных разностей дает существенное уточнение результатов, непосредственно влияющих на показатели качества создаваемой продукции.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИГРАЦИОННЫХ КРИЗИСОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ И СОЦИАЛЬНОЕ НЕРАВЕНСТВО [115]

ДмитриевМ.Г [I]., Михайлов А.П[II]., Петров А.П[II]., ПрончеваО.Г. [III]

[I]Институт системного анализа ФИЦ ИУ РАН, г. Москва, Россия

[II]Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, г. Москва, Россия

[III]Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

petrov.alexander.p@yandex.ru, olga.proncheva@gmail.com

Аннотация: Работа посвящена построению и исследованию модели экономического роста, учитывающей миграционные потоки, и различающей квалифицированный и неквалифицированный трудом, а также труд коренных жителей и мигрантов. Исследование модели нацелено на анализ влияния миграционных кризисов на экономический рост и неравенство.

Ключевые слова: миграционные кризисы, математическое моделирование, миграция, экономический рост

Введение

Классические модели экономического роста не рассматривали миграцию, однако последние десятилетия ознаменовались значительным усилением миграции, с увеличением как вклада мигрантов в экономику, так и создаваемой ими нагрузки на социум [1-4], включая изменения социальной структуры [5-7]. Кроме того, важным фактором, влияющим на динамику экономического роста в целом, является наличие кризисов.

1 Описание модели

Математическая модель, на основании которой в данной работе проводится изучение миграционных кризисов, была предложена в работе [8]. Выпуск $Y(t)$ определяется трехфакторной производственной функцией [9], основанной на функции Кобба-Дугласа, здесь труд состоит (S, skilled) и неквалифицированного (U, unskilled) труда:

$$Y(t) = AK^{\alpha}(t)\left(\gamma S^{\psi}(t) + (1-\gamma)U^{\psi}(t)\right)^{(1-\alpha)/\psi}. \quad (1)$$

Здесь t – время, $K(t)$ - капитал, $0<\alpha<1$, $0<\gamma<1$, $\psi<1$. В каждом из двух квалификационных классов имеется как коренное (соответственно, $S_b(t), U_b(t)$), так и мигрантское ($S_m(t), U_m(t)$) население (в которое мы включаем как самих мигрантов, так и их потомков). Предполагается, что на протяжении изучаемого процесса коренные и некоренные жители не перемешиваются. Также предполагается, что коренные жители данной страны не мигрируют за рубеж, а численность каждого из классов растет постоянным темпом:

$$S_b(t+1) = (1+\beta_S)S_b(t),\ U_b(t+1) = (1+\beta_U)U_b(t). \quad (2)$$

Здесь β_S, β_U - темпы естественного прироста коренного квалифицированного и неквалифицированного населения соответственно. Некоренное население может испытывать приток (и отток), в зависимости от среднего уровня потребления данного трудового класса:

$$S_m(t+1) = \max\left\{0; (1+\mu_S)S_m(t) + S_{inflow}(t) - S_{outflow}(t)\right\}, \text{ где} \quad (3)$$

[115] *Работа выполнена при поддержке РФФИ 18-01-00551а*

(4) $$S_{inflow}(t) = k_s \ln\left[1+\exp\left(\left(S_{m0}(1+r_s)^t - S_m(t)\right)\left(\frac{C_s(t)}{S(t)} - c_{s0}(t)\right)\right)\right],$$

(5) $$S_{outflow}(t) = k_s \ln\left[1+\exp\left(-S_m(t)\left(\frac{C_s(t)}{S(t)} - c_{s0}(1+r_0)^t\right)\right)\right]\Bigg\}$$, при этом

(6) $$c_{s0}(t+1) = \min\left\{(1+r_{s0})c_{s0}(t+1); 0{,}5\left[C_s(t)/S(t) + c_{s0}(t)\right]\right\},$$

аналогичные формулы имеем для U_m. Уравнение динамики капитала $K(t)$ имеет стандартный вид:

(7) $$K(t+1) = (1-\delta)K(t) + \rho(1-a)Y(t),. \; K(0) = K^0.$$

Здесь δ - коэффициент выбытия капитала, a – коэффициент прямых затрат (доля промежуточного продукта в выпуске), ρ - норма накопления. Перейдем теперь к описанию потребления. Доля потребления, равная $q(0 \le q \le 1)$ распределяется эгалитарно, оставшаяся часть – в соответствии со вкладом каждого квалификационного класса в выпуск. Тогда потребление квалифицированных работников составляет

(8) $$C_s(t) = \frac{S(t)}{S(t)+U(t)} q(1-\rho)(1-a)Y(t) + \gamma(1-q)(1-\rho)(1-a)Y(t),$$

В отсутствие кризисов предполагается, что уровень жизни в странах-донорах растёт с темпом $r_{s0} = 3\%$ для квалифицированного населения и $r_{u0} = 2\%$ для неквалифицированного. Если же в год i происходит кризис, то в этом году наблюдается спад уровня жизни в странах-донорах на 9% для всех слоёв населения, в году i+1 - на 7%, в году i+2 - на 5%, и, наконец, в году i+3 наблюдается стагнация. Начиная с года i+4 темпы роста возвращаются к докризисному уровню. При этом нет ограничения на год начала нового кризиса: он может наступить до окончания последствий предыдущего. Что касается времени наступления очередного кризиса, моделирование проводилось следующим образом. Принимается решение о числе кризисов за прогнозируемый период. Далее, с помощью генератора псевдослучайных чисел вихря Мерсенна выбираются года начала каждого кризиса. После этого последствия кризисов моделируются вышеописанным способом.

2 Численные эксперименты

Для численных экспериментов для коэффициента выбытия капитала, коэффициента прямых затрат и нормы накопления примем следующие значения: $\rho = 0.2$, $\delta = 0{,}06$, $a = 0{,}42$. Далее, в качестве темпов естественного прироста населения, мы будем рассматривать два типичных значения: положительное $\beta = 0{,}005$ и отрицательное $\beta = -0{,}001$. В обоих случаях $\beta = \beta_S = \beta_U$. Далее, примем $S_b(0) = 0{,}4$, $U_b(0) = 0{,}6$. Для эластичности по капиталу в производственной функции примем $\alpha = 0{,}6$, а для показателя ψ положим $\psi = 0{,}01$. Далее, примем, что $\gamma = 0{,}8; q = 0{,}2$, $A = (1+0{,}005)^t$, $K(0) = 1{,}18$, $S_{m0}(0) = 0{,}1$, $U_{m0}(0) = 0{,}9$, $S_m(0) = 0$, $U_m(0) = 0$, $c_{u0}(0) = 0{,}03$, $k_s = 0{,}05$, $k_u = 0{,}4$, $c_{s0}(0) = 0{,}12$, $\mu_{11}(t) = \mu_{22}(t) = r_s(t) = r_u(t) = 0{,}005 + 0{,}015(1-0{,}05)^t$. Более подробное описание выбранных параметров см [5].

Итак, рассмотрим, как влияют кризисы и их время (в начале или в конце периода) на общую динамику. В качестве исследуемых величин возьмём выпуск и индекс Джини. Сначала рассмотрим демографически успешные страны ($\beta = 0{,}005$) (см. рис.1). Рассматривались случаи, когда за исследуемый период случилось два кризиса (в 5 и 60 годах), один кризис в начале (в 40 году) или один в конце (в 64 году). Ниже (табл. 1) представлены значения некоторых величин на конец периода, для сравнения представлены значения этих же величин в случае, когда нет кризиса.

Таблица 1. Значения ключевых величин на конец периода

Кризис в	S_b	U_b	S_m	U_m	**Gini**	K	Y	***рост*** $Y,\%$
18 и 67	0.662	0.993	0.111	3.752	0.528	9.407	6.633	2.184
18	0.662	0.993	0.088	3.469	0.525	9.303	6.492	2.058
85	0.662	0.993	0.062	3.115	0.520	9.046	6.271	2.017
Нет кризиса	0.662	0.993	0.051	2.889	0.516	9.008	6.194	1.900

Как видно из табл.1, кризис в странах-донорах способствует росту как квалифицированных, так и неквалифицированных мигрантов и, как следствие, росту капитала и выпуска. При этом, если сравнивать эффект от более раннего кризиса с эффектом от кризиса в конце периода, для стран-акцепторов предпочтительнее более ранний кризис в странах-донорах. Что касается индекса Джини, то кризис приводит к его увеличению. Аналогичные выводы можно сделать при рассмотрении таких стран, как Россия и Италия ($\beta = -0,001$).

Заключение

В работе было исследовано влияние кризисов в странах-донорах рабочей силы на экономику в странах-акцепторах. При этом рассматривалось два вида стран-акцепторов с различным темпом естественного прироста населения (положительным и отрицательным). Оказалось, что для обоих типов стран миграционные кризисы способствуют увеличению количества мигрантов, что приводит к увеличению роста ВВП, однако этот эффект достигается ценой увеличения социального неравенства.

Литература

1. Vincenzo Boveand Leandro Elia. 2017. Migration, Diversity, and Economic Growth // World Development.Vol. 89. 2017. −P. 227-239.

2. Artuc E., Docquier F., Ozden C., Parsons C. A global assessment of human capital mobility: The role of non-OECD destinations // World Development. Vol. 65. 2014. − P. 6-26.

3. Cortes P. The Feminization of International Migration and its Effects on the Children Left Behind: Evidence from the Philippines // World Development, Elsevier. Vol. 65. 2015. − P 62-78.

4. Beine M., Docquier F., Schiff M. International migration, transfer of norms and home country fertility// Canadian Journal of Economics. Vol. 46. 2013, №4. − P 1406-1430.

5. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства – 3-е изд., перераб. и до-полн. – М.: МЦНМО, 2018. – 228 с.

6. Козицин И. В. Обобщение модели Краснощекова на случай разложимой матрицы социальных связей // Математическое моделирование. – 2017. – Т. 29. – №. 12. – С. 3-15.

7. Белолипецкий А. А., Козицин И. В. Динамический вариант математической модели коллективного поведения // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2017. – №. 3. – С. 47-58.

8. Дмитриев М.Г., Петров А.П., Прончева О.Г. Моделирование экономического роста с учетом миграционных потоков // Труды Института системного анализа РАН. 2019. №2. С. 17-27.

9. Mello M. Skilled Labor, Unskilled Labor, and Economic Growth // Economics Letters. Vol. 100. 2008, №3. − P. 428-431.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ НАСЕЛЕНИЯ

Дорохина Е.Ю., Смирнова Е.И.

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,
Россия, г. Москва, Стремянный пер., д.36
elena_dorokhina@mail.ru, e.smirnova@live.ru

Аннотация: В работе представлен подход к оценке эффективности демографической политики, основанный на теории автоматического регулирования. Проводится анализ воспроизводства населения как сложной динамической системы. Реакцию последней на мероприятия государственной политики в виде повышения возрастных коэффициентов рождаемости предлагается описывать с помощью переходных функций.

Ключевые слова: воспроизводство населения, демографическая политика, теория автоматического регулирования.

Введение

В последние десятилетия большинство развитых стран столкнулось с такими демографическими проблемами, как снижение рождаемости и старение населения [1]. В 2017 году в России численность

населения в трудоспособном возрасте сократилась почти на миллион. Сохранение такой тенденции может стать серьезным ограничением для экономического роста. Необходимо ответить на эти вызовы и обеспечить естественное увеличение численности населения.

Демографическая политика направлена на формирование желаемого (или сохранение существующего) типа воспроизводства населения. Современная демографическая политика располагает арсеналом разнообразных методов, но финансовые ресурсы, выделяемые на ее проведение, всегда ограничены. В связи с этим необходимо определить наиболее эффективные на данный момент методы. Критерием такого выбора может послужить возможный отклик рождаемости на введение конкретных мероприятий демографической политики, который выражается в потенциальной величине прироста рождаемости и сроках достижения целевых установок. Для оценки двух последних показателей мы предлагаем использовать подход, основанный на применении теории автоматического регулирования.

1 Воспроизводство населения как объект исследования

1.1 Воспроизводство населения как система

Воспроизводство населения будем рассматривать как систему, т.е. совокупность взаимосвязанных элементов [2]. Такими элементами являются люди, которые в процессе воспроизводства вступают в некоторые отношения (супруги, родители-дети и др.). Состав элементов (в нашем случае половозрастной состав населения) и способ их объединения определяют структуру системы, от которой во многом зависят ее свойства, образующие внутреннее состояние системы.

Воспроизводство населения – динамическая система, обладающая входами и выходами. Через входы из внешней среды в некоторые моменты времени поступают ресурсы и информация; в другие моменты времени результаты процессов их преобразования отправляются во внешнюю среду через выходы. Входами ($x_j(t)$) в нашем случае предполагаются отдельные мероприятия демографической политики, выходами ($y_i(t)$) – показатели демографического поведения. Особенность подхода состоит в том, что при описании связей между входами и выходами не рассматривается внутреннее состояние системы.

Полагая, что система испытывает воздействие извне только через входы, а сама воздействует на внешнюю среду только через выходы, мы представляем воспроизводство населения как относительно обособленную систему. На самом деле взаимосвязи между воспроизводством населения и внешней средой гораздо шире и многообразнее, но для анализа оказывается удобным абстрагироваться от части внешних связей, сосредотачиваясь на тех, которые существенны для изучаемых функций системы.

1.2 Обоснование выбора выходов системы

При выборе входов и особенно выходов необходимо учитывать то обстоятельство, что воспроизводство населения является подсистемой системы более высокого ранга – общественного производства. Другими словами, выходные показатели должны заключать в себе наиболее ценную информацию с точки зрения всего процесса социально-экономического развития. Такими показателями, на наш взгляд, являются повозрастные коэффициенты рождаемости.

Свой выбор мы объясняем следующими причинами.

Именно влиянием на рождаемость определяется специфика демографической политики.

В повозрастных коэффициентах рождаемости элиминировано влияние половозрастного состава населения на рождаемость.

2 Переходная функция повозрастной рождаемости

2.1 Переходная функция без учета лага

Исходному предположению о существовании реакции рождаемости на комплекс мер демографической политики отвечает модель типа переходной функции. Ее вариант, связывающий между собой отклик (прирост) повозрастного коэффициента рождаемости с мерами воздействия на него, может быть выражен следующим дифференциальным уравнением:

$$v_i \frac{dy_i}{dt} + y_i(t) = \alpha_i x_i(t), \quad (1)$$

где $x_i(t) = \begin{cases} x_i', t > 0; \\ 0, t \leq 0; \end{cases}$

x_i' – величина, определяющая количественное (стоимостное) выражение мероприятий демографической политики по увеличению рождаемости в i-й возрастной группе; α_i – коэффициент пропорцио-

нальности, характеризующий прирост показателя рождаемости в i-й возрастной группе, приходящийся на единицу (тыс. руб.) стоимости таких мероприятий при отсутствии запаздывания реакции рождаемости на их введение (т.е. максимальный прирост); v_i – показатель запаздывания в i-й возрастной группе. Очевидно, что в силу инерционности демографических процессов прирост рождаемости не сразу достигнет максимума, а будет стремиться к нему постепенно. Чем больше величина v_i, тем медленнее идет этот процесс. На рис. 1 v_1 соответствует кривая (а), v_2 – кривая (б), $v_1<v_2$. $y_i(t)$ – переходная функция, показывающая прирост коэффициента рождаемости в i-й возрастной группе в году t по сравнению с уровнем базисного года.

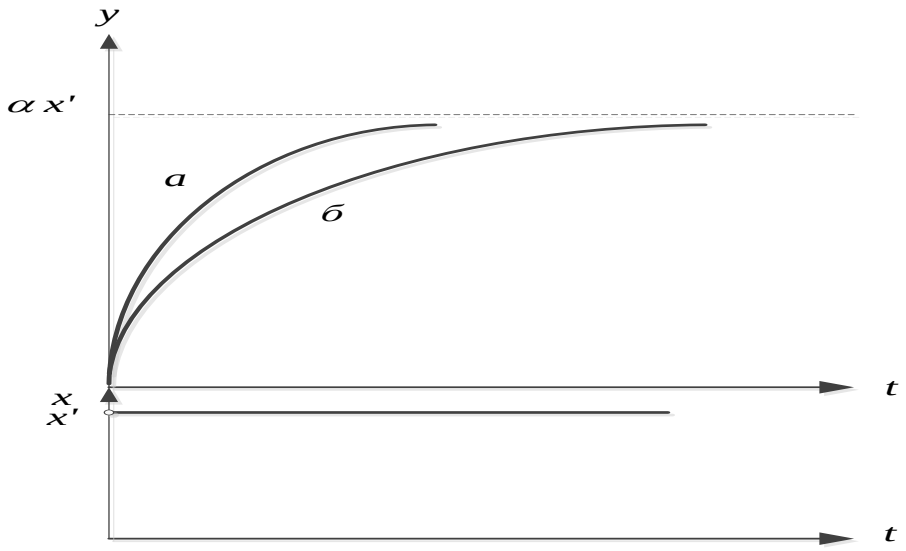


Рис. 1. Реакция коэффициента рождаемости на введение мер демографической политики

Начальными условиями для решения уравнения (1) по всем возрастным группам являются соотношения yi(0)=0. Прирост рождаемости в момент t с учетом его зависимости от реализуемых в 0-й момент времени мероприятий определяется как

(2) $$y_i(t) = \alpha_i x_i'\left(1 - e^{-t/v_i}\right).$$

С учетом выражения (2) уровень возрастного коэффициента рождаемости в момент t определяется как

(3) $$Y_i(\mathrm{t}) = Y_i(0) + y_i(t),$$

где $Y_i(t)$ и $Y_i(0)$ – уровни рождаемости в i-й возрастной группе соответственно в t-м и базисном годах.

2.2 Переходная функция с учетом лага

Во взаимодействии элементов системы воспроизводства населения практически всегда имеет место лаг. Мы показали, что инерционность демографического поведения находит отражение в структуре дифференциального уравнения (1), описывающего динамическую зависимость между входами и выходами системы. Однако во многих случаях целесообразнее пользоваться двумя типами моделей – моделью (1) и моделью задержки (с длительностью задержки, равной наблюдаемому лагу).

Формально-математическая запись такой системы моделей

(4) $$\begin{cases} v_i \frac{dy_i}{dt} + y_i(t) = \alpha_i x_i(t); \\ y_i(t) = \overset{\circ}{y_i}(t - \Theta_i); \end{cases}$$

где $x_i(t) = \begin{cases} x_i', t > 0; \\ 0, t \le 0; \end{cases}$

$y_i^{\circ}(t)$ – потенциальное значение прироста коэффициента рождаемости в i-й возрастной группе в году t, если бы не было задержки (см. рис. 2); $y_i(t)$ – фактический прирост коэффициента рождаемости в i-й возрастной группе в году t; Θ_i – величина задержки реакции рождаемости в i-й возрастной группе.

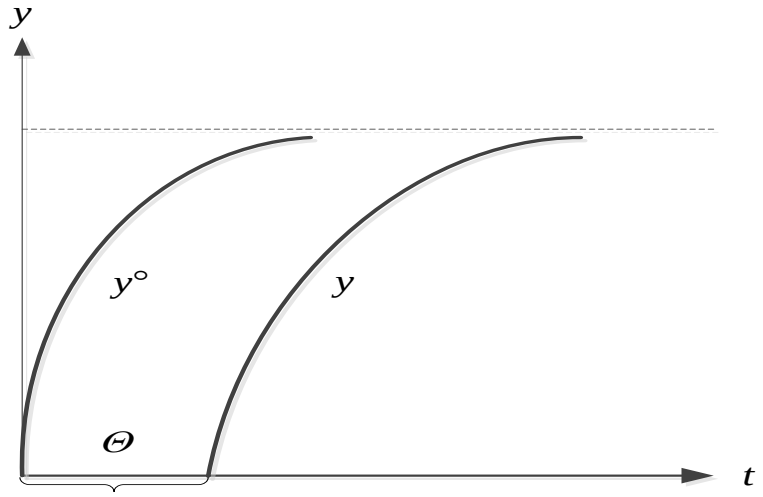


Рис. 2. Задержка реакции коэффициента рождаемости на введение мер демографической политики

Заключение

Предложенный нами подход к моделированию рождаемости может успешно использоваться для построения среднесрочных прогнозов рождаемости с учетом мер государственной политики по поддержки семей с детьми.

Литература

1. *Alders, M.; Keilman, N.; Cruijsen, H.:* Assumptions for long-term stochastic population forecasts in 18 European countries. In: European Journal of Population and Development Review 23 (2007), Nr. 1, S. 33-69.
2. *Дорохина Е.Ю., Маркелова Н.А*. Использование кибернетического подхода к моделированию повозрастной рождаемости Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018. № 2. С. 51-60.

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЦИОННЫМИ И ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Жевнерчук Д.В.

ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина д.24

zhevnerchuk@yandex.ru

Аннотация: Образовательная программа рассмотрена с позиций открытых информационных систем, построена обобщённая модель, формализующая образовательную программу в виде совокупности взаимодействующих компонентов со стандартизированными интерфейсами. Обсуждаются вопросы применения компонентной модели для решения проблем: перехода к новым образовательным стандартам, интеграции образовательных программ в процессе реализации проектно-ориентированного и сетевого обучения.

Ключевые слова: образовательная программа, сетевое обучение, открытая информационная система, интероперабельность.

Введение

Глобализация, взаимопроникновение различных сфер деятельности в масштабе государства и на международном уровне давно уже приняло необратимый характер, это коснулось, в том числе, и образования. Постоянные изменения образовательных стандартов и требований потенциального работодателя приводят к необходимости пересмотра и модернизации образовательных программ

(ОП) различного назначения. Проектно-ориентированное обучение, в том числе на основе работ, выполняемых совместно с предприятиями, также способствуют частым изменениям ОП. В рамках сетевого обучения требуется обеспечить интеграцию двух и более образовательных программ как внутри одного университета, так и на межуниверситетском уровне. В условиях научно-технического прогресса, постоянного изменения законодательной базы не представляется возможным выполнять долгосрочные прогнозы и приходится обеспечивать интероперабельность ОП как друг с другом, так и с организационными моделями стейкхолдеров науки, промышленности и бизнеса. Один из перспективных подходов, направленных на повышение эффективности интеграционных и переходных процессов в образовании, связан с обеспечением адаптивности образовательной программы.

1 Адаптивные модели в образовании

Современные работы, посвященные созданию адаптивных моделей в образовании, охватывают спектр вопросов, связанных с:

- созданием индивидуальных образовательных траекторий на основе мотиваций учащегося и потребностях в моделях компетенций со стороны представителей работодателя (А.Г. Гогоберидзе, Н.А. Лабунская, Ю.Ф. Тимофеева и др.),
- исследованием вопросов создания педагогических моделей подготовки учащихся по индивидуальным траекториям обучения (С.И. Архангельский, А.С. Подымова и др.),
- системным анализом индивидуальных образовательных траекторий как составляющих элементов многоуровневой системы высшего образования (Г.А. Бордовский, Н.В. Бочкина, Н.В. Родионова, А.П. Тряпицина, В.С. Ямпольский и др.).

С появлением сетевой формы обучения возникла проблема интеграции различных образовательных программ, включающая вопросы обеспечения совместимости траекторий обучения, моделей компетенций и т.д. В многочисленных публикациях анализируются модели сетевого взаимодействия образовательных организаций [1], в том числе практики взаимодействия образовательных организаций разных уровней [2], поднимаются вопросы управления сетевыми программами [3].

Все известные автору работы носят преимущественно методический характер и не охватывают вопросы моделирования и алгоритмизации образовательных программ, а также интеллектуальной поддержки их синтеза и реструктуризации. Актуальность задач поиска базовых элементов образовательных программ, а также создания методов и средств синтеза ОП обусловлена известными проблемами, связанными с управлением интеграционными и переходными процессами в сфере образования:

- Интеграция ВУЗов и стейкхолдеров в процессе реализации совместных научных и образовательных программ с учетом современных требований бизнеса и промышленности.
- Переход на новые образовательные стандарты.
- Интеграция ВУЗов в процессе реализации программ сетевого обучения.
- Управление жизненным циклом образовательных программ различного назначения.
- Управление качеством образовательных программ.

2 Инструментарий обеспечения адаптивности образовательных программ

Современный уровень информационных и телекоммуникационных систем и технологий создают основу для формализации, хранения и извлечения знаний об образовательных программах как элементах распределенной информационной системы.

Предлагаемый инструментарий для обеспечению адаптивности образовательных программ, направленный на повышение эффективности интеграционных и переходных процессов, происходящих в сфере образования, основывается на:

- принципах системной инженерии,
- едином подходе к обеспечению интероперабельности [4], получившему статус стандарта ГОСТ Р 55062-2012,
- обобщенном методе структурно-параметрического синтеза многокомпонентных интероперабельных структур [5].

Его основная идея состоит в унифицированном компонентном представлении структурных блоков и процессов образовательных программ, а также требований и ограничений, диктуемых внешним окружением, как элементов информационных систем, обладающих интерфейсами. Образовательная программа включает разделы учебного плана, основной части, кадрового и ресурсного обеспечения, а также рабочих программ дисциплин, практик и итоговой аттестации. Их компонентное

представление позволяет гибко проводить реструктуризацию, комбинируя элементы различными способами, а также фильтровать связанные элементы с помощью требований, ограничений и критериев синтеза образовательных программ.

В процессе построения инструментария, направленного на обеспечение адаптивности образовательных программ частично решены следующие задачи:

1. Унификация и формализация элементов образовательных программ и информационных воздействий в форме компонентов со стандартизированными интерфейсами, проектирование форматов хранения образовательной программы и информационных воздействий в оцифрованном виде, обоснование адаптивности построенной модели.

2. Описание этапов синтеза цифровых моделей (ЦМ) адаптивных образовательных программ (АОП), реализация алгоритмов на основе искусственного интеллекта, применяемых на каждом из этапов синтеза ЦМ АОП. Представлена система ограничений и критериев синтеза ЦМ АОП.

3. Предложены спецификации, определяющие детали информационного взаимодействия между стейкхолдерами в рамках интеграционных и переходных процессов, затрагивающих создание новых и модернизацию существующих образовательных программ.

4. Построена технология создания информационного, алгоритмического, программного обеспечения для распределенного хранения и обработки информации об образовательных программах их элементах, требованиях и ограничениях внешней информационной среды. В основе обработки лежат операции а) сопряжении компонентов ОП через стандартизированные интерфейсы б) фильтрация компонентов ОП компонентами, формализующими требования, предъявляемые к образовательным программам со стороны стейкхолдеров, а также ограничения и критерии синтеза ОП. Сформулированы рекомендации по применению blockchain в качестве фундамента распределенной системы управления адаптивными образовательными программами.

5. Реализован проект сервиса, обеспечивающего синтез и самоструктурирование (способность к перестройке компонентной структуры ОП без участия человека) образовательных программ на основе передачи внешнего информационного воздействия. Под информационным воздействием понимается передача требований, ограничений в компонентной форме со стороны стейкхолдеров.

6. Предложены системы критериев и ограничений синтеза на примере проектно-целевых ОП магистратуры, а также ОП повышения квалификации, а также алгоритмы проверки совместимости ОП и алгоритмы проверки соответствия ОП ожиданиям стейкхолдеров. Описаны рекомендации по компонентному представлению требований и ограничений совместимости ОП.

7. Разработан пакет прикладных методик, которые могут быть внедрены в различных ВУЗах РФ.

3 Единое информационное пространство адаптивных образовательных программ

Цифровая модель адаптивной образовательной программы представляет собой многокомпонентную интероперабельную структуру, каждый компонент который независим и может участвовать в операциях сопряжения с другими компонентами, обладающими стандартизированными интерфейсами. Такая модель обладает свойством слабой связности элементов, то есть компоненты ОП и связи между ними хранятся и обрабатываются независимо. Для хранения и обеспечения безопасных транзакций, связанных с сопряжением и фильтрацией образовательных программ может быть применена технология blockchain, а реализующие её платформы выступают в качестве основы единого информационного пространства (ЕИП) ОП. В рамках blockchain каждый компонент представляет собой один блок в цепочке, многокомпонентная структура хранится в виде последовательности блоков и последовательности связей между ними. Для операций сопряжения и фильтрации могут быть использованы смарт-контракты.

Все участники независимо формируют ЕИП, регистрируя компоненты требований и ограничений, накладываемых на модели компетенций, учебных планов, рабочих программ, кадров и ресурсов. Система, посредством сопряжения и фильтрации компонентов формирует целевые образовательные программы, которые в общем случае, могут быть представлены блоками разных участников.

Заключение

В результате внедрения предложенного инструментария ожидается, снижение затрат, связанных с разработкой и модернизацией образовательных программ различного назначения при увеличении количества образовательных программ, выполняемых в рамках сетевого и проектно-ориентированного обучения. Разработка сервис-ориентированной системы «ЕИП АОП» будет способствовать привлечению к сотрудничеству новых стейкхолдеров сфер образования, промышленности, что, в свою очередь позволит увеличить объем доходов от совместно реализуемых внешних проектов ВУЗов

Литература

1. *Алексахина Н. В., Бойцова Е. Г., Чичев Е. М*. Организация образовательного процесса средствами сетевых технологий // Управление качеством образования. – 2014. - № 3. – С. 58-67
2. *Чучалин А.И., Петровская Т.С., Чернова О.С*. Сетевое взаимодействие образовательных организаций высшего и среднего профессионального образования при реализации программ прикладного бакалавриата // Высшее образование в России. – 2013. – №11. – С. 3-10
3. *Паничкина М.В., Каплюк Е.В., Масыч М.А., Боровская М.А., Федосова Т.В.* Образовательные программы с использованием сетевой формы: нормативно-правовое обеспечение и модели реализации // Университетское управление: практика и анализ. – т.21. – 2017. – №5. – С. 82-92
4. *Гуляев Ю.В., Журавлев Е.Е., Олейников А.Я*. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор//Журнал радиоэлектроники, 2012. - N 3. [Электронный ресурс]: URL: jre.cplire.ru/jre/Mar/12/2/text/pdf (Дата обращения: 02.06.2018)
5. *Жевнерчук Д.В.* Обобщенный метод синтеза многокомпонентных интероперабельных структур на основе онтологии и недетерминированного конечного автомата // Информационные технологии. – Москва: Новые технологии. 2019. том. 25. №2.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАТТЕРНОВ АКТИВНОСТИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ MIMO-АГЕНТОВ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЯХ[116]

Жилякова Л.Ю., Петров И.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
zhilyakova@ipu.ru, zyxzy@protonmail.ch

Аннотация: Предложена модель взаимодействий агентов, обладающих внутренней структурой и способных воспринимать и порождать активности различных типов. Агенты имеют распределение предпочтений по типам активности, пороговые функции активации и память. Модель предназначена для исследования динамических процессов распространения нескольких видов активности в социальных сетях.

Ключевые слова: MIMO-агенты, гетерогенные сети, социальные сети, активность в сетях, пороговые модели.

Введение

В настоящей работе мы исследуем распространение нескольких видов активности, порождаемой агентами, обладающими пороговыми функциями активации и внутренней структурой. Типы активности, заданные различными цветами, порождают различные функциональные сети в рамках одной структурной [1]. Существует ряд моделей распространения активности в сетях [2–4], в которых активность рассматривается как некоторый однородный процесс, охватывающий узлы и группы узлов сети. Мы предлагаем модель, в которой присутствует несколько типов активности, а узлы могут по-разному реагировать на каждый из типов. Редуцированная версия с двумя антагонистическими типами активности описана в [5]. Гетерогенная модель сети из биологических нейронов, взаимодействующих посредством «цветных» нейротрансмиттеров, представлена в [6]. В данной работе мы объединяем подходы из [5] и [6] для описания неоднородных информационных взаимодействий, происходящих в социальных сетях. Пользователи представлены агентами, имеющими множество входов разных типов и множество выходов разных типов. Именно в этом смысле мы называем таких агентов MIMO-агентами [7]. Построена имитационная модель. Приведены результаты численных экспериментов.

1 Гетерогенная модель социальной сети

1.1 Основные определения

Опишем сеть взаимодействия пользователей социальной сети как систему S = <N, C, R>.

N = {1, …, N} – множество агентов, обладающих внутренней структурой.

C = {c_1, …, c_m} – типы интересов агентов.

Матрица R представляет собой структурную матрицу сети. Она соответствует ориентированному взвешенному графу влияний. Если $r_{ij} > 0$, то агент i влияет на агента j с силой r_{ij}.

Динамика системы происходит в дискретном времени t.

[116] *Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проекты 17-07-00541А, 18-29-22042мк.*

В зависимости от задачи исследования семантика элементов множества C может быть различной. Рассмотрим одну из возможных интерпретаций – исследование распространения нескольких типов политической активности в социальных сетях. В этом случае, c_i могут быть «базисными типами» убеждений, на которые может быть разложена любая политически окрашенная активность.

Каждому агенту i для характеристики его интересов поставлен в соответствие вектор длины m, состоящий из весовых коэффициентов: $p_i = (p_{i1}, \ldots, p_{im})$. Веса, не равные нулю, задают весь спектр выходных активностей агента. Значение p_{ik} характеризует частоту активности агента i по типу c_k.

На каждого агента может влиять множество его соседей. Если агент j влияет на агента i, будем считать, что в графе влияния существует дуга (j, i). Под *влиянием* будем понимать следующее. Если агент j активен на такте t, то агент i при расчете своего состояния на такте $t + 1$ принимает во внимание активность агента j. Причем, расчет силы влияния агент i производит с учетом двух весовых коэффициентов – *постоянного* и *переменного*.

Постоянная компонента r_{ji} характеризует степень доверия агента i агенту j и задается структурной матрицей R.

Динамическая, или переменная, компонента влияния агента j на агента i, $\beta_{ik}(j)$, зависит от c_k – типа, по которому активировался агент j, и от распределения весовых коэффициентов агента i: $p_i = (p_{i1}, \ldots, p_{im})$.

Коэффициенты β_{ik} рассчитываются по формуле:

$$\beta_{ik} = w_i \frac{p_{ik}}{\sum_{l=1}^{m} p_{il}}. \quad (1)$$

Тогда если агент j активен в момент t по типу c_k, его влияние на агента i описывается формулой:

$$e_{jik} = \beta_{ik}(j) \cdot r_{ij}. \quad (2)$$

Тогда формулы для расчета воздействия на такте t на агента i по каждому типу в отдельности $e_{ik}(t)$ и суммарного воздействия на него $E_i(t)$ будут следующими

$$e_{ik}(t) = \beta_{ik} \sum_{j=1}^{N} r_{ji} y_{jk}(t-1), \quad (3)$$

$$E_i(t) = \sum_{k=1}^{m} e_{ik}(t) = \sum_{k=1}^{m} \beta_{ik} \sum_{j=1}^{N} r_{ji} y_{jk}(t-1). \quad (4)$$

где $y_{jk}(t) \in \{0, 1\}$ – активность агента j в момент времени t по типу c_k.

1.2 Активность агентов, пороги и память

На каждом такте времени агент претерпевает внешнее воздействие, описываемое формулами (3)–(4). Кроме того, агент помнит о предыдущих состояниях сети и учитывает их при определении суммарного воздействия.

Активность агента на такте t задается вектором $y_i(t)$ длины m, в котором все компоненты, кроме, возможно, одной, равны 0. Если агент на такте t активен по типу c_k, то $y_{ik}(t) = 1$.

Каждый агент сети обладает памятью глубиной не более чем Θ. Для расчета суммарного возбуждения агента на такте t производится линейная свертка воздействий от всех его соседей, активных в один или несколько тактов на отрезке $[t - \Theta, t]$.

По аналогии с формулами (3)–(4), имеют место формулы:

$$a_{ik}(t) = \sum_{\theta=1}^{\Theta} \mu_{i\theta} e_{ik}(t-\theta) = \sum_{\theta=1}^{\Theta} \mu_{i\theta} \beta_{ik} \sum_{j=1}^{N} r_{ji} y_{jk}(t-\theta). \quad (5)$$

$$A_i(t) = \sum_{\theta=1}^{\Theta} \mu_{i\theta} E_{ik}(t-\theta) = \sum_{\theta=1}^{\Theta} \mu_{i\theta} \sum_{k=1}^{m} \beta_{ik} \sum_{j=1}^{N} r_{ji} y_{jk}(t-\theta). \quad (6)$$

где $\mu_{i\theta}$ – неотрицательные коэффициенты дисконтирования, удовлетворяющие соотношению:
$1 = \mu_{i1} > \mu_{i2} \geq \ldots \geq \mu_{i\Theta}$.

Агент активен на такте t, если величина $A_i(t)$ (формула (6)) превысила *пороговое значение*.

Если на такте t агент активируется, его память обнуляется. Накопление памяти происходит до тех пор, пока агент не проявляет активности.

Пороговое значение агента Th_i характеризует его готовность к активности. Если порог Th_i превышен, агент активируется по одному из типов, определяемых компонентами вектора $a_i(t)$ (формула (5)).

Агент i активируется по типу c_k, если k удовлетворяет условию $k = \arg\max_l a_{il}(t)$. То есть, агент выбирает тот тип, со стороны которого испытывает самое сильное воздействие.

2 Результаты имитационного моделирования

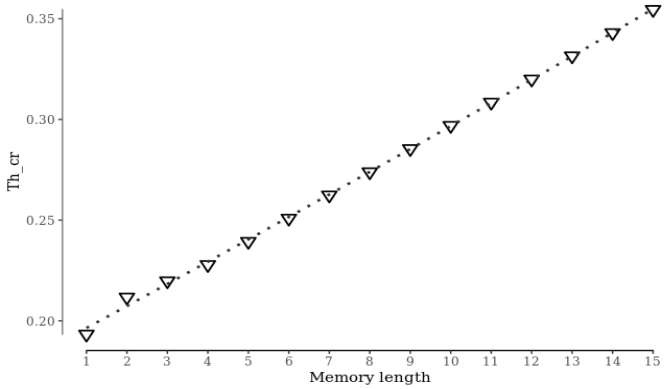


Рис. 1. Зависимость порогов от длины памяти

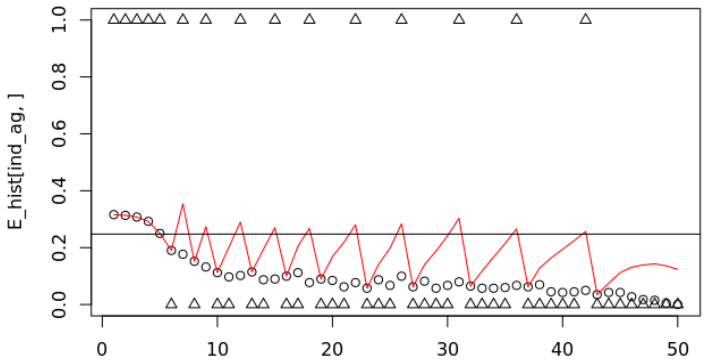


Рис. 2. Динамика готовности к активации и активности агента

Литература

1. *Newman M.E.J.* The structure and function of complex networks. SIAM Rev 45(2):167–256. 2003.
2. *Kempe D., Kleinberg J., Tardos E.* Maximizing the Spread of Influence through a Social Network // Proceedings of the 9-th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2003. P. 137-146.
3. *Breer V.V., Novikov D.A., Rogatkin A.D.* Mob Control: Models of Threshold Collective Behavior. Series: “Studies in Systems, Decision and Control”. – Heidelberg: Springer, 2017. – 134 p.
4. *Gubanov D.A., Chkhartishvili A.G.* Models of information opinion and trust control of social network members / Proceedings of the 18th IFAC World Congress, 2011 World Congress. Milano: International Federation of Automatic Control (IFAC), 2011. P. 1991-1996.
5. *Zhilyakova L., Gubanov D.* Double-threshold Model of the Activity Spreading in a Social Network. The Case of Two Types of Opposite Activities // Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies AICT2017. 2017. Vol.2. P. 267-270.
6. *Bazenkov N., Dyakonova V., Kulivets S., Kuznetsov O., Sakharov D., Vorontsov D., Zakharov I., and Zhilyakova L.* Discrete Modeling of Neuronal Interactions in Multi-Transmitter Networks // Scientific and Technical Information Processing. 2018. Vol. 45, No. 5. P. 283–296.
7. *Zhu L., Chen X., Chen Z., Hill D. J.* Output Synchronization of Linear MIMO Heterogeneous Multi-agent Systems via Output Communication / IFAC PapersOnLine 50-1 (2017) 1748–1753.

О РАЗВИТИИ РОССИЙСКОЙ ВЕНЧУРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В КОНТЕКСТЕ КИБЕРНЕТИКИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Журенков Д.А., Савельев А.М.

Институт философии РАН, Россия, г. Москва, ул. Гончарная д. 12 стр. 1

dzhurenkoff@mail.ru, anton.saveliev@gmail.com

Трушкова Е.А.

ООО «Стратегические и тактические технологии»,

Россия, г. Москва, проспект Мира д. 131

trushkova@stt-consulting.ru

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы развития российского сектора исследований и разработок. Предложена система механизмов развития российской венчурной экосистемы в контексте кибернетики третьего порядка: научный краудфандинг и онтологии поддержки, которые позволяют определить и преодолеть точки разрыва устоявшихся видов деятельности и воспроизводства их субъектов.

Ключевые слова: венчурная экосистема, кибернетика, рефлексивно-активные среды.

Введение

Построение инновационной экономики — одна из ключевых стратегических целей большинства развитых и активно развивающихся государств. Одним из важнейших направлений деятельности в рамках построения модели инновационного развития является формирование национальной инновационной экосистемы. Подобные экосистемы не возникают самостоятельно — они становятся результатом целенаправленной и последовательной государственной политики. Впервые использование рынка венчурного капитала в качестве катализатора процесса коммерциализации инноваций было апробировано в США в 1960–1970-е годы. Впоследствии американский опыт многократно реплицировался и адаптировался под региональные особенности страны, в которой происходило становление и развитие рынка, однако всегда сохранялась степень вовлечения государства, соответствовавшая этапу эволюции рынка. К наиболее ярким примерам оправданности усилий по развитию рынка венчурного капитала можно отнести опыт Израиля и Китая. И Израиль, и Китай смогли чуть более чем за 10 лет создать развитую экосистему венчурного инвестирования [1].

В России в настоящее время наблюдается дефицит конкурентоспособных идей для реализации инновационных проектов, а также недостаточное количество предпринимателей, которые обладают желанием и достаточными компетенциями для запуска собственного бизнеса, его развития и презентации инвесторам. В свою очередь, текущий уровень развития венчурной инфраструктуры в Российской Федерации не в состоянии обеспечить достаточно качественную поддержку проектов, чтобы компенсировать недостаток компетенций потенциальных предпринимателей [1].

1 Рефлексивно-активные среды

В последние десятилетия в науке происходят принципиальные изменения, связанные, согласно В.С.Степину, со становлением постнеклассического этапа ее развития. Не принимая во внимание этих изменений, мы рискуем упустить из виду принципиальные изменения в науках об управлении и развитие. Смена общенаучных картин мира сопровождалась коренным изменением нормативных структур исследования, а также философских оснований науки. Три этапа развития науки можно охарактеризовать как связанные с доминантой одного из трех типов научной рациональности, сменявших друг друга в истории техногенной цивилизации. Это – классическая, неклассическая и постнеклассическая рациональности. Постнеклассический тип научной рациональности расширяет поле рефлексии над научной деятельностью. В нем учитывается соотнесенность получаемых знаний об объекте не только с особенностью средств и операций деятельности, но и с ценностно-целевыми структурами. При этом эксплицируется связь внутринаучных целей с вненаучными, социальными ценностями и целями, решается задача их соотнесении с осмыслением ценностно-целевых ориентаций субъекта научной деятельности [2].

Можно выделить следующие базовые тренды развития научной рациональности[3]: (1) повышение роли экстернального подхода в развитии науки и инновациях; (2) саморазвивающиеся рефлексивно-активные среды как базовый механизм инновационного развития; (3) доминирование рефлексивной активности; (4) от этики целей к этике стратегических субъектов; (5) от монодисциплинарного к трансдисциплинарному подходу.

В соответствии с логикой постнеклассической научной рациональности механизм развития представляется как саморазвивающаяся полисубъектная (рефлексивно-активная) среда [4]. В настоящее время имеется современный отечественный научно-методический задел для организации

саморазвивающихся полисубъектных сред (в основном созданный в советский период при проектировании автоматизированных систем управления страной), который можно относительно быстро развить до использования в пилотных проектах [5].

2 Российской венчурная экосистема и кибернетика третьего порядка

Экосистема рынка венчурных и прямых инвестиций в России состоит из четырех основных элементов: (1) предложение капитала для инновационных предпринимателей и других участников рынка; (2) предложение проектов реципиентами венчурного инвестирования; (3) внутренний и глобальный рынки сбыта инновационной продукции; (4) среда, в которой осуществляется деятельность участников рынка венчурного и прямого инвестирования [1].

Выделяют следующие препятствия для роста объема предложения венчурных проектов [1]: ограниченность идей, конкурентоспособных на глобальном рынке, в том числе из-за распространенности подхода по репликации глобальных моделей на локальном рынке. Сохраняется низкая конкурентоспособность российского сектора исследований и разработок в большей части инновационных отраслей, имеет место высокая степень использования импортных технологий и зависимость от импортных высокотехнологичных комплектующих. Кроме того, разработчики изначально формируют идеи с фокусом на локальный рынок из-за опасений, связанных с интенсивностью конкуренции на мировом уровне.

Базой научного обеспечения российской венчурной экосистемы может выступить создаваемая в настоящее время постнеклассическая кибернетика саморазвивающихся полисубъектных (рефлексивно-активных) сред. Это постнеклассическая кибернетика третьего порядка, создаваемая в логике восхождения от кибернетики «наблюдаемых систем» (первого порядка – Н. Винер), к кибернетике «наблюдающих систем» (второго порядка – Фон Ферстер) и далее к кибернетике «саморазвивающихся рефлексивно-активных систем-сред» (третьего порядка) [6].

К одному из возможных примеров новых форм научного сотрудничества с применением организационных основ кибернетики третьего порядка в современном мире можно отнести проекты научного краудфандинга. Практика научного краудфандинга подразумевает привлечение к финансированию того или иного проекта больших групп людей, как правило, через интернет без участия крупных юридических лиц и финансовых институтов (банков, фондов, венчурных компаний). При этом сами исследовательские проекты могут осуществляться учеными из различных стран, вне зависимости от их институциональной принадлежности и на основе гибких коллективов, формирующихся под исследовательские нужды. Среди существующих успешных международных проектов научного краудфандинга стоит отметить Consano и MyProject, финансирующих исключительно разработку новых методов лечения рака.

Научный краудфандинг позволяет нивелировать серьезный недостаток современного научного сотрудничества в мире − низкий уровень рефлексивного взаимодействия в схемах финансирования научных исследований международном уровне, что приводит к существенному снижению их эффективности, оставляя многие перспективные смежные направления исследования без надлежащего внимания лишь потому, что их потенциальный итог не представляется ценным с точки зрения коммерческой, или государственно-экономической перспективы [7].

3 Рефлексивно-активная среда и система онтологий

Согласно теоретическим основам кибернетики третьего порядка, рефлексивно-активная среда складывается в результате воздействия следующей системы онтологий (видов деятельности активности):

1) *онтология сопровождения* отвечает за устоявшиеся виды деятельности (коммуникаций) и воспроизводства их субъектов. Именно к данной онтологии относятся уже ставшие для нас традиционными формы осуществления инновационной деятельности: государственные институты, университеты, банки, научные фонды и т.д.;

2) *онтология поддержки* позволяет определить и преодолеть точки разрыва устоявшихся видов деятельности (коммуникаций) и воспроизводства их субъектов. К данной онтологии относятся технологии венчурного финансирования и краудфандинга;

3) *онтология развития* совершенствует устоявшиеся виды деятельности и их субъектов. К ней можно отнести стратегические и экспертные институты, think-tank'и т.д.;

4) *онтология конструирования* создает новые виды деятельности и коммуникаций. В настоящее время, эта онтология в мире представлена наиболее слабо. Традиционные институты т.н. «дальнего прогнозирования», ответственные за конструирование образа будущего в науке и обществе, зачастую не только обладают проблемами оптики (использование неточных, предвзятых и конфликтующих

друг с другом методик расчета прогнозов), но и достаточно близоруки к реальным проблемы современного общества;

5) *онтология инновации* осуществляет обеспечение внедрения новых инновационных видов деятельности и новых субъектов. К ней можно отнести бизнес-инкубаторы, технополисы, государственные программы внедрения технологических инноваций и т.п.

Эти онтологии не являются альтернативными, более того, они дополняют друг друга и определяют структуру взаимоотношений между субъектами в будущей рефлексивно-активной среде. Вместе с тем следует отметить, что первые шаги к созданию рефлексивно-активных сред будут зависеть не столько от технологических и организационных технологий и практик, сколько от развития общества в целом и осознания его субъектами общих ценностных ориентиров и интересов.

Тем не менее, стоит признать, что взаимоотношения между субъектами, возникающие в рамках венчурного финансирования и краудфандинга, сами по себе не являются даже прообразом упомянутых в статье рефлексивно-активных сред инновационного развития. По совокупности характеристик этих важных технологий мы можем отнести их к ключевой составляющей таковых сред — *онтологии поддержки*.

Заключение

Вышеперечисленные особенности венчурного финансирования позволяют отнести эту практику к перспективным инструментам обеспечения прорывных исследований и комплексных социальных и технических инноваций в рамках постнеклассического типа научной рациональности. В этом отношении, венчурные технологии позволяют обеспечивать соотнесенность получаемых знаний об объекте не только с особенностью средств и операций деятельности, но и с ценностно-целевыми структурами, эксплицируя связь внутринаучных целей с вненаучными, социальными ценностями и целями. Необходимо понимать, что указанные онтологии не являются альтернативными. Более того, они дополняют друг друга и определяют структуру взаимоотношений между субъектами в будущей рефлексивно-активной среде. Вместе с тем следует отметить, что первые шаги к созданию рефлексивно-активных сред будут зависеть не столько от технологических и организационных технологий и практик, сколько от развития общества в целом и осознания его субъектами общих ценностных ориентиров и интересов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (17-18-01326).

Литература

1. Стратегия развития рынка венчурных и прямых инвестиций в Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу до 2030 года (проект). – М.: РВК, 2018. – 118 с.
2. *Лепский В.Е.* Седьмой социогуманитарный технологический уклад — контуры будущего человечества // Глобальный мир: Системные сдвиги, вызовы и контуры будущего / XVII Международные Лихачевские научные чтения, 18-20 мая 2017 г. – СПб.: СПбГУП, 2017. С. 357-360.
3. *Лепский В.Е.* Инновационное развитие России: философский анализ // Философия науки и техники. 2016, №1. С. 169-187.
4. *Лепский В.Е.* Рефлексивно-активные среды инновационного развития. – М.: Когито-Центр, 2010. 280 с.
5. *Lepskiy V.* Evolution of cybernetics: philosophical and methodological analysis // Kybernetes. 2018. V.47, Iss.2. pp.249–261. https://doi.org/10.1108/K-03-2017-0120
6. *Зацаринный А.А., Ильин Н.И., Колин К.К. и др*. Ситуационные центры развития в полисубъектной среде // Проблемы управления. 2017. № 5. С. 31-42.
7. *Савельев А.М.* Технологии народного финансирования научных исследований (краудфандинга) в качестве организационной основы саморазвивающихся инновационных сред // Рефлексивные процессы и управление / Под ред. В.Е.Лепского. – М.: Когито-Центр, 2013. 330 с.

ПРЕДМЕТНАЯ СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СУЩНОСТИ РЕАЛЬНОСТИ В ДИАЛЕКТИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ. ЗАДАЧА КОНСТРУИРОВАНИЯ

Закарян М.Р.[1], Закарян Р.М.[2]

[1]*Кубанский государственный университет,*
Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская д.149
zak54@mail.ru,

[2]*Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков*
имени Героя Советского Союза А.К. Серова, Россия, г. Краснодар, ул. Дзержинского, д. 135
zrafik@mail.ru

Аннотация: Определены типологии образов действительности и сущностных энергем реальности. Обосновывается универсальное противостояние действительности и материи, анализ которого определяет реальность как систему деятельности. Вводится понятие реалоформации – до-предметной структуры реальности, взятой как таковой и рассматриваемой как совокупный результат системы деятельности. Показано, что реалоформация ставит задачу предметного конструирования информации реальности.

Ключевые слова: действительность, деятельность, информация, материя, образ, реалоформация, реальность, энергема

Введение

Установив первоначально в до-предметной структуре информации реальности информационную оболочку как именно фигуру, вид которой имеет форму реальности [1] и, пробившись сквозь нее сначала к семематической информации, в итоге было получено, что информация реальности по своей сути (не по виду) является идей, чистой предметностью, т.е. предметной сущностью, иначе, действительностью, данной в своем максимальном присутствии в инобытии [2]. Стало быть, полный смысл информации реальности в ее до-предметной структуре лежит в идее реальности, которая уже не зависит от фигуры реальности как таковой, а на оборот, своей одной стороной определяет эту фигурность. Как это может быть? И что это вообще означает?

То, что фигура реальности по виду, звуку, запаху, вкусу и тактильности своей представляет собою именно реальность, а не что другое, ясно всем. И в этом смысле реальность (как именно реальность) и по сущности своей является реальностью, а не чем другим.

Теперь известно, что фигура реальности знаковая. Это определяет ее как информационную оболочку, а сведения о знаковом значении – как знаковую информацию реальности (фигурная семема реальности). В свою очередь, знаковая фигура реальности имеет значение не только знаковое, но и другого предмета, причем такое значение, в котором помимо символьной и ноэматической семемы реальности (символьная информация реальности и ноэматическая информация реальности) фиксируется идея самого предмета, т.е. сам этот предмет, но данный в своем максимальном присутствии в инобытии. Но это означает, что реальность по своей внутренней сути и есть этот другой предмет, предметная сущность, данная в своем максимальном присутствии в инобытии. Понять это можно только в контексте материально-вещественного пространственно-временного континуального воплощения предметной сущности действительности.

1 Форма реальности есть реальная форма действительности

1.1 Образ действительности

Предметная сущность есть не что иное, как действительность, действительное бытие. В свою очередь, материально-вещественное пространственно-временное континуальное воплощение предметной сущности действительности есть уже реально явленная предметная сущность действительности, реальное бытие (инобытие), реальность. Понятно, что в реальности, значение фигуры и есть предметная сущность явленной действительности, явленной в той или иной степени, с той или иной точностью воспроизводимой в своем материально-вещественном пространственно-временном континуальном воплощении. Иначе говоря, эта степень и точность воспроизведения предметной сущности действительности осуществляется во времени и пространстве, и поэтому здесь нельзя говорить о полной адеквации реальности и действительности, хотя чисто теоретически такая полная адеквация вполне возможна, более того необходима, чем, собственно говоря, и обосновывается пространственно-временной континуальный характер реальности. Можно ли говорить о том или ином уровне адекватности реальности и действительности и вообще о возможности воспроизведения предметной сущности действительности в реальности, если мыслить только реальность и действительность? Очевидно, нет. Здесь необходимо требуется абсолютный инобытийный коррелят предметной сущности действительности, который не есть сама реальность,

как материально-вещественное пространственно-временное континуальное воплощение действительности. Это есть образ действительности, несущий в себе идею воплощения действительности в инобытии, как ее предметная сущность, адекватно утвержденная в инобытии, идеальная форма всякого возможного инобытийного ее существования.

1.2 Типология реальных образов действительности

Впервые такой инобытийный коррелят предметной сущности действительности фиксируется в выражении – умозрительном представлении действительности ее реально зрящим образом как результате внимания действительности самой себя в свой собственный *реально зрящий образ*. Понятно, что смысловое представление действительности реально зрящим образом не может непосредственно быть восприемником и формой ее материально-вещественного пространственно-временного континуального воплощения. Оно пока только порождает *реально представляющийся (звучащий)* или *выразительный образ действительности* как необходимое условие отражения выраженной действительности. Отражение дает второй инобытийный коррелят предметной сущности. Это есть имя действительности. Однако, являясь результатом отражения, имя, как и выражение, все еще не может быть восприемником уже выраженной действительности и действенной формой ее материально-вещественного пространственно-временного континуального воплощения. Хотя здесь материя в большей степени проявила себя, она не только зрит и звучит, но уже и обоняет действительность, но все еще в сфере смысла. Здесь возникает *реально общающийся (обоняющий)* или *именованный образ действительности* и именованная или мифическая действительность – миф. Категорически необходимо инобытийное отображение мифической действительности, в котором на основе ее познания происходит ее запечатление в некой устойчивой инобытийной форме, т.е. в форме особой реальной вещи, которая только, по сути, является образом действительности, т.е. предметной сущностью, данной уже устойчиво и неизменно в своем максимальном присутствии в инобытии. Это есть документ – идеальная форма всякого возможного материально-вещественного пространственно-временного континуального воплощения предметной сущности в самой реальности. Документ, являясь реально обонятельно (одухотворенно) запечатленной в именующем образе действительности познанной мифической действительностью, т.е. документ, по сути, есть идеальная действительность – идея, образует реально запечатленный (питающий) или документный образ действительности, который только и может быть воспринимающим вещным лоном, требующим своего оплодотворения для рождения самой реальности. Теперь документный образ действительности, реально являет ее, создавая саму реальность, сообщает материи энергию не только смысловую, но и уже энергию действия физического плана, превращая документный образ действительности в реально действующий (осязающий) или вещный образ действительности. В свою очередь, действующий образ действительности, воспринимая саму действительность, проявляет реально свою предметную сущность, так что здесь теперь не просто реальность, а живая реальность, осуществляющая свои инобытийные смыслы, и, соответственно, реально взаимодействующий (осязающий) или жизненный образ действительности.

Такова типология образов действительности, определяющая пять ее нисходяще-восходящих типов. В своем нисхождении они взаимно обусловливают друг друга в смысловом плане. В своем восхождении образы действительности необходимо полагают друг друга уже в плане материального оформления, так что каждый тип образа действительности определяет соответствующую ему материальную форму реальности, а точнее реальную форму действительности.

1.3 Реальные формы действительности

В соответствии с пятью типами образов действительности реальность должна иметь пять форм своего существования, т.е. реальных форм действительности, и этот момент требует осмысления. Начинать здесь надо с материального оформления или полагания жизненного образа действительности, а точнее, с осмысления этого полагания.

Жизненный образ действительности порождает такую реальность, в которой все течет и все изменяется, так что непрерывно меняется и сам этот образ действительности. Тем не менее, реальность приобретает некую форму, т.е. нечто устойчивое и неизменное, в сущности которого всегда производится реальность, в которой все течет и все изменяется. Такой сущностью только и может быть продукт. Иначе говоря, жизненный образ действительности продуктивен и в буквальном смысле производит реальность, так что реальность приобретает форму продукта. Жизненный материальный образ действительности, хоть и полагает необходимо ее вещный образ, но только как

необходимое начало реальной жизни. Поэтому здесь тоже можно сказать, что вещный образ, будучи действующим, продуктивен и порождает реальность в форме *продукта*.

Другое дело, когда вещный образ действительности необходимо полагает документный образ действительности, который порождает реальность уже другой формы. Здесь такая реальность, которая переходит в реальную вещь, идею которой несет документный образ действительности. Форму такой реальности только и можно назвать *пищей*. Документный образ действительности необходимо полагает именованный образ действительности, который, неся в себе миф, порождает общающуюся реальность. Всякая реальная общающаяся сущность предстает всегда в форме *характера*. Именованный образ действительности необходимо полагает ее выраженный образ. Реальность, порождаемая им, есть выражение, данное в форме *гласа*. Наконец, выраженный образ действительности необходимо полагает ее исходный реально зрящий образ, как полное осмысление материи смыслом цельной действительности, но еще никак ею (материей) не оформленным. Такой образ есть смысловой вид цельной действительности в материи, и реальность имеет форму *вида*.

Исходный образ действительности никаких других образов действительности уже не полагает. Но что-то другое он же должен полагать. Иначе откуда он взялся? А полагает он не что иное, как универсальное противостояние предметной сущности действительности и материи.

2 Взаимоопределение действительности и материи и задача конструирования предметной структуры информации

2.1 Взаимоопределение и энергема реальности

Уяснить задачу конструирования предметной структуры информации реальности можно только из анализа взаимоопределения действительности как сущего (чистой предметной сущности) и материи как не-сущего (необходимый момент иного в сущем, начало иррационального). Действительность как сущее и материя как не-сущее в этом взаимоопределении будут каждый выполнять свою деятельность. Действительность – осуществлять материю, а материя – оформлять действительность. Действительность и материя, вступая во взаимоопределение, остаются по своей деятельности независимыми. Это обеспечивается тем, что действительность и материя взаимоопределены в образе. Образ взаимоопределения действительности и материи и есть ноэма реальности. С одной стороны, в реальности устанавливаются абсолютно материальный принцип, или материи в себе, материи самой по себе, и относительно материальный принцип, или материи в модусе осмысления и осуществления, материи осуществленной. С другой стороны - принцип абсолютной предметности, или предметной сущности в себе или действительности самой по себе как бытия, и принцип относительной предметности в реальности, или так-то и так-то определенной сущности, сущности материализованной, или просто явленной действительности, ее инобытие. Сущность, явленную в реальности, или материализованную сущность, назовем энергемой реальности. Характер образа взаимоопределения действительности и материи, т.е. реальности, будет зависеть ее энергемы, а точнее от интенсивности энергемы реальности. Можно выделить пять типов реальности и ее энергем, а именно: физическая, органическая, сенсуальная, ноэтическая и апофатическая. Понятно, что все эти типы реальности и их энергемы указывают на то, что реальность в ее уже предметной сущности есть, прежде всего, система деятельности по взаимоопределению действительности и материи, продукт которой реальная действительность или просто реальность.

2.2 Система деятельности и реалоформация

Типология реальности и ее энергемы позволяет определить систему деятельности по взаимоопределению действительности и материи как единораздельную целостность пяти деятельностей по выражению, именованию, документированию, информированию (проектированию) и функционированию реальности как явленной или реальной действительности, т.е. непосредственно данной реальности. Непосредственно данная реальность здесь есть не что иное, как совокупный результат этих деятельностей, включающий пять координированных раздельностей реальных сущностей (реальных выражений; реальных имен (слов), реальных документов, реальных вещей и реальных жизней). Это требует введения новых понятий и в первую очередь понятия реалоформации, которая есть до-предметная системная структура цельной реальности, взятой как таковой и рассматриваемой как совокупный результат всех деятельностей системы деятельности по взаимоопределению действительности и материи. Аналогично вводятся понятия образоформации, словоформации, документоформации, вещеформации и продуктоформации, как результат, соответственно, выражения, именования, документирования, информирования (проектирования), функционирования, суть которых – структурные компоненты реалоформации.

Заключение

Реалоформация со всеми своими структурными компонентами теперь выступает как объект предметного анализа реальности и ее информационной сущности, так как устанавливает логические связи реалоформации как до-предметной структуры реальности с самой предметной сущностью действительности и материей, через энергемы реальности и реальные образы действительности, находящиеся во взаимоопределении с энергемами. Таким образом, можно сказать, что реалоформация ставит задачу предметного анализа и конструирования предметной структуры информационной сущности реальности.

Литература

1. *Закарян М.Р., Закарян Р.М*. Информационная оболочка в до-предметной структуре информации реальности // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): материалы Одиннадцатой междунар. конфер., 1 - 3 окт. 2018 г., Москва: в 2-х т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Т. 2: Секции 8 - 16. – М.: ИПУ РАН, 2018.– с. 288–291.
2. *Закарян М.Р., Закарян Р.М.* До-предметная структура информации реальности в диалектической кибернетике // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): труды Одиннадцатой междунар. конфер., 1–3 окт. 2018 г., Москва: в 3 т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Т. 3 : Секции 12-16. – М.: ИПУ РАН, 2018. – с. 103–110.

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫМ И ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

Збрищак С.Г.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва, Ленинградский просп., 49
sgzbrischak@fa.ru

Аннотация: Обсуждаются вопросы решения сложных проблем реального мира в рамках трансдисциплинарных исследований (ТИ), где используются различные виды знаний. Знания должны быть интегрированы и согласованы в процессе идентификации, структурирования и анализа проблемы. Концептуальное моделирование рассматривается как инструмент интеграции знаний различных заинтересованных сторон.

Ключевые слова: концептуальное моделирование, групповые методы моделирования, трансдисциплинарность, структуры знаний.

Введение

Проблемно-ориентированные исследования для решения проблем реального мира служат основной движущей силой для интеграции знаний из различных областей. Проблемы реального мира не могут быть решены в рамках одной дисциплины в силу их сложности и многогранности. Поиск решения этих проблем выходит за рамки научного сообщества и/или сообщества практиков и требует вовлечения различных общественных субъектов в совместную деятельность. Это обусловлено необходимостью учета существующих в реальном мире барьеров и ограничений и возможных непреднамеренных последствий решения проблемы. Эти условия предопределили зарождение и развитие таких исследовательских направлений, как междисциплинарность, полидисциплинарность (мультидисциплинарность), трансдисциплинарность. Несмотря на то, что эти термины близки другу по содержанию, между ними можно провести некоторые концептуальные разграничения [1]. Междисциплинарность означает главным образом кооперацию различных научных областей, круговорот общих понятий для понимания некоторого явления. В полидисциплинарных исследованиях какой-либо феномен или объект изучается одновременно с разных сторон несколькими научными дисциплинами. Отличие междисциплинарности от полидисциплинарности состоит в характере отношений между различными дисциплинами: в междисциплинарных исследованиях происходит взаимообмен теоретическими допущениями, методологией и практиками между вовлекаемыми в исследование дисциплинами, а полидисциплинарные исследования характеризуются кооперацией знаний, но без их взаимодействия. Трансдисциплинарные исследования (ТИ) характеризуются переносом когнитивных схем из одной дисциплинарной области в другую, реализацией совместных проектов исследования, тем самым создавая целостное видение предмета исследования.

Междисциплинарные и полидисциплинарные исследования выходят за рамки дисциплинарных ограничений, но их цели остаются ограниченными рамками дисциплинарных знаний. В случае трансдисциплинарных исследований цель состоит в формировании понимания современного мира, а одним из императивов является единство знаний. При этом направление трансдисциплинарности следует рассматривать не как антагонистическое, а как дополняющее междисциплинарные и полидисциплинарные исследования. Трансдисциплинарность рассматривается как принцип интеграции знаний, который определяется универсальными формальными структурами или моделями на основе плюралистических процессов и их динамики [2].

1 Трансдисциплинарные исследования и концептуальное моделирование

1.1 Формы знаний в трансдисциплинарных исследованиях

В ТИ выделяют следующие три формы знаний: системное знание как знание текущего состояния; целевое знание как знание о целевом состоянии; и трансформационное знание как знание о том, как осуществить переход от текущего к целевому состоянию [3]. Каждой из форм знания соответствует определенный тип исследовательских вопросов: 1) системное знание затрагивает вопросы генезиса и возможных направлений развития проблемы, а также различных интерпретаций проблемы и причин ее возникновения; 2) целевое знание затрагивает вопросы, связанные с определением и объяснением целей; 3) трансформационное знание – вопросы, касающиеся разработки, использования и изменения прагматических средств (технологий, институтов, законов, норм и т.д.). Для проведения эффективных ТИ необходимо рассматривать три формы знания как взаимозависимые – исследование на одной форме знания требует объяснения допущений по двум другим формам знания.

В настоящее время термин «трансдисциплинарное исследование» стал привычным для исследования и решения социально значимых проблем реального мира. Проблемы становятся социально значимыми в тех случаях, когда вовлеченные в них лица заинтересованы в решении проблемы; когда общество заинтересовано в улучшении ситуации, но вопросы о способах решения являются предметом спора. Заинтересованные стороны могут не соглашаться ни с актуальностью проблемы, ни с ее причинами, ни с предлагаемой стратегией решения. Каждая из заинтересованных сторон обладает определенными знаниями в проблемной области исследования. Эти индивидуальные базы знаний включают как практический опыт, так и теоретические знания. Для решения проблем различные базы знаний должны быть интегрированы и согласованы в контексте конкретной проблемной области исследования. Следовательно, методологическая задача интеграции знаний различных заинтересованных сторон заключается в том, как выявить, согласовать и интегрировать индивидуальные и коллективные структуры знаний. Наиболее адекватным подходом к решению этой задачи представляется применение различных методов построения концептуальных моделей. Для интеграции различных типов знаний необходимо агрегировать внешние представления когнитивных структур и процессов индивидов (ментальные модели). При этом речь идет не о простой агрегации индивидуальных структур знаний, а о создании коллективной структуры знаний и ее визуализации.

1.2 Концептуальное моделирование

Концептуальное моделирование – это построение абстрактной модели реального мира и определение уровня абстракции. В этом контексте концептуальное моделирование представляет когнитивный процесс осмысления и представления (визуализации) модели [4].

В общем случае концептуальная модель содержит основные понятия предметной области, их свойства и связи между ними. Среди ключевых аспектов концептуального моделирования можно выделить следующие: итеративность, независимость от используемого программного обеспечения или среды разработки, значимость позиций, точек зрения как разработчика модели, так и заказчика. Концептуальные модели представляют собой инструмент визуализации и предназначены для создания знаний и их целостного восприятия. Эти модели являются удобным инструментом структурирования и представления знаний, особенно на ранних этапах изучения предметной области, и позволяют описывать ее в виде понятий (концептов) и отношений между ними. Концептуальные модели используются не только для представления и интеграции знаний, но также для обучения и поддержки процессов коммуникации.

В ТИ необходимо как агрегировать различные типы знаний, так и выстроить процессы коммуникации между исследователями из различных областей знаний и практики. Опыт построения концептуальных моделей совместно с заказчиком показал, что идентификация проблемной ситуации, формулирование проблемы и исследовательских вопросов сопровождается дебатами и спорами. На этом этапе целесообразно использовать методы, позволяющие идентифицировать, структурировать, сформулировать проблемы и вопросы исследования, и организовать процессы

коммуникации. К таким методам можно отнести семейство методов группового моделирования (Group Model Building), распадающееся на два направления: (1) методы моделирования системной динамики [5] и (2) методы структурирования проблем (Problem Structuring Methods, PSMs), также известные как мягкие методы или мягкое исследование операций (Soft OR) [6]. Хотя эти методы основываются на различных методологиях и техниках, общим для них является привлечение заинтересованных сторон не только к концептуализации проблемной области, но и к моделированию, что позволяет построить более релевантную модель и сформировать совместное понимание и мотивацию для внедрения результатов.

В основе зарождения, развития и применения этих методов лежат несколько положений: участники имеют лишь частичные представления о проблеме и подвержены ее влиянию; ограниченную возможность обработки информации индивидом; использование предубеждений и эвристик для уменьшения интеллектуальных усилий.

Заключение

Признано, что диаграммы помогают отслеживать сложные структуры [7], добавляют строгость и некоторую степень формализации анализу и групповому обсуждению, помогают выявлять контуры обратной связи и улучшить понимание поведения системы, отобразить проблему на «одном листе бумаги» и служат в качестве т.н. групповой памяти [8]. Вместе с тем существуют ограничения, связанные с когнитивными способностями людей. Люди не просто обрабатывают информацию – они постоянно делают выбор, по-разному воспринимают и интерпретируют информацию, создавая индивидуальные картины мира. Помимо этого люди являются социальными существами, подвержены влиянию других людей и поэтому информация интерпретируется в зависимости от контекста. Исходя из того, как люди воспринимают окружающую действительность и создают ментальные модели реальности, определение проблемы может стать социально сконструированным артефактом, который невозможно протестировать и оценить достоверность. Индивидуальные ментальные модели содержат важную информацию об исследуемой проблеме, лежат в основе действий отдельного индивида, но при этом являются лишь частичными представлениями о сложной проблеме. Групповое моделирование не только дает возможность выявить, распространить и согласовать индивидуальные ментальные модели, но также позволяет интегрировать их в групповую ментальную модель, тем самым создавая системное описание проблемной ситуации.

Вопрос исследования сложных проблем состоит в том, как достоверно и корректно выявить и передать суждения члены группы. Среди наиболее значимых факторов, препятствующих эффективной коммуникации, можно выделить: склонность к оцениванию, неумение или неспособность слушать, защитная реакция или оборонительная позиция. Эти факторы оказывают негативное влияние на качество и сроки принятия решений, затрудняют коммуникацию, препятствуют раскрытию творческих способностей группы. Активное участие заинтересованных сторон в процессах моделирования позволяет создавать более качественные модели сложных систем. Однако при этом возникает ряд проблем. Совместное моделирование занимает значительное время и сопряжено с большими затратами, что ведет к задаче повышения эффективности методов без ущерба для качества создаваемой модели. Привлечение заинтересованных сторон способствует созданию более полных и точных моделей, но одновременно возрастает и вероятность возникновения конфликта из-за различных точек зрения и непересекающихся знаний.

Таким образом, для концептуализации проблемной области в ТИ наиболее подходящим видится применение мульти-методологического подхода, объединяющего как жесткие, так и мягкие методы, и представляющего надежный теоретический и практический базис концептуального моделирования. Необходимым шагом для продвижения исследований в этой важной области был бы тщательный анализ примеров прикладного применения методов концептуального моделирования, что позволит сравнить и оценить различные подходы и определить направления их дальнейшего развития. Документирование неудачных попыток применения группового моделирования так же важно, как и документирование успешного опыта, и, возможно, является более важным для их продвижения и развития.

Литература

1. *Князева Е.Н.* Трансдисциплинарные стратегии исследований // Вестник ТПГУ. 2011, № 10. – С. 193-201.
2. *Nicolescu B.* The transdisciplinary evolution of the university condition for sustainable development // Transdisciplinary Theory, Practice and Education. Springer, Cham. 2018. – P. 73-81.
3. *Hadorn G.H., Pohl C., Bammer G.* Solving problems through transdisciplinary research // The Oxford handbook of interdisciplinarity. 2010. – P. 431-452.

4. *Robinson S.* A tutorial on simulation conceptual modeling // Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference, Las Vegas, 3-6th June. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press. 2017. – P. 565-579.
5. *Andersen D.F., Vennix J.A.M., Richardson G.P., Rouwette E.* Group model building: problem structuring, policy simulation and decision support // The Journal of the Operational Research Society. 2007. Vol. 58, No.5. – P. 691-694.
6. *Rouwette E.A.J.A., Vennix J.A.M., Felling A.J.A.* On Evaluating the Performance of Problem Structuring Methods: An Attempt at Formulating a Conceptual Model // Group Decision and Negotiation. 2009. Vol. 18, iss. 6. – P. 567-587.
7. *Larkin J.H., Simon H.A.* Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words // Cognitive science. 1987. Vol. 11, No. 1. – P. 65-99.
8. *Vennix J.* Group model building // System Dynamics Review. 1999. No. 15. – P. 379-401.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Иванова С.П.[1], Николаева А.А. [1], Данилина М.В.[2], Дмитриева Г.С.[3], Федотова М.А.[4], Коновалова О.В.[5], Литвинов А.Н.[5], Акопян А.Р.[6]

[1]Кафедра Теории и практики управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный психолого-педагогический университет", Россия, г. Москва, ул. Сретенка, 29
76sivanova@mail.ru, allaalekseevna@bk.ru,
[2] Российский экономический университет им. Плеханова, Россия, г. Москва, Стремянный пер. 36
danilina.mv@rea.ru,
[3] Кафедра экономики высокотехнологичных производств, ФГАОУ ВО ГУАП, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
dmitrieva.g@mail.ru,
[4] Кафедра Управление персоналом, Московский авиационный институт Россия, г. Москва, Волоколамское ш., д. 4
fedotova-ma@yandex.ru,
[5]Кафедры Анализ рисков и экономической безопасности, Инвестиции и инновации, Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский пр., д. 49
ovkonovalova@fa.ru, ALitvinov@fa.ru,
[6]Кафедра Управление в сфере культуры, кино, телевидения и индустрии развлечений, ФГБОУ ВО "Государственный университет управления", Россия, г. Москва , Рязанский просп., вл. 99
Akopyan@mail.ru

Аннотация: Технология социоматического анализа позволяет быстро оценивать эмоционально-смысловой климат в выбранном направленииС ее помощью была сделана ретроспективная оценка эмоционально-смыслового климата Сирии с 2011 по 2019 годы на основе регулярных новостных. Анализ динамики рассчитанных коэффициентов с реальными событиями в Сирии в разные годы и показал высокую достоверность полученных результатов.

Ключевые слова: управление, социальная система, синергетика, социома, диссипативные мета-структуры, самоорганизация, арабский мир, нелинейные процессы.

Социальная система — это совокупность социальных явлений и процессов, которые находятся в отношениях и связи между собой и образуют некоторый социальный объект. Социальная система представлена социальными явлениями и процессами. Между собой они имеют связи и образуют целостный социальный объект. Являясь частью социальной системы, социальная структура объединяет социальный состав и социальные связи. Элементы социального состава образуют социальную структуру. Набор связей этих элементов образуют второй её компонент. Социальная структура представляет собой устойчивую связь элементов в социальной системе и означает деление общества на группы. Эти группы по их социальному положению и по отношению к способу производства различны. Классы, группы, например, этнические, профессиональные, социально-

территориальные общности – город, село, являются основными элементами социальной структуры. Эти элементы имеют свои подсистемы и связи.

Российским психологом В.Г.Панушкиным в 2011 году была разработана методика социоматического анализа. В своей работе автор исходил из идеи о том, что независимо от того к какой национальности, вероисповеданию, социальному статусу или уровню тостатка относится человек, он всегда вынужден использовать слово для взаимодействия с миром. При этом, семантика любого используемого в речи слова всегда определяется не чьей-либо прихотью, а поиском компромисса индивидуальных потребностей и внешних возможностей. Именно он, этот компромисс, и есть то слово, которое обязано быть использовано в конкретной ситуации. Исходя из этого, В.Г.Панушкин построил матрицу из 256 ячеек, каждая из которых, фиксируя совершенно определенное психологическое состояние, характер и репертуар взаимодействия, получила единственное обозначение конкретным базовым словом-понятием. Собрав за каждым из 256 понятий все возможные и используемые сегодня в русском языке синонимы, близкие по смыслу и часто используемые вместе с базовым словом другие слова, автор получил эмоциональн-смысловую матрицу русского языка. Эта матрица и получила название Социома – социальная матрица. В том же году, на основе созданной матрицы, был запущен интернет проект Socioma_RU, а с октября 2013 года автор методики начал ежедневные исследования широкого круга информационных источников сети интернет – политических партий, СМИ, религиозных течений и других. Созданный инструмент позволил охватить единым взглядом весь мир, затрачивая на обработку получаемых данных всего 1 час в сутки.

Социома – социальная матрица базовых ориентиров развития любой социальной ситуации, где вес каждой ячейки рассчитывается, как доля от общей суммы всех ячеек матрицы всегда равной 1 или 100%.

Если сумма всех ячеек Социомы всегда равна 1, то вес отдельной ячейки может составлять от 0 до 1 в зависимости от результатов обработки конкретного текста.

На основании многолетних исследований с помощью проекта Socioma_RU была создана его локальная версия в среде MS Excel, позволяющая исследователю использовать созданную технологию на отдельном компьютере для целей отраслевых исследований. Эта локальная версия получила название Socioma-Light.

По изучаемому тексту программа Socioma-Light оценивает 11 базовых коэффициентов, рассчитываемых, исходя из количества упоминаний каждого из 256 семантических ядер матрицы и отношений между ними.

Главные характеристики технологии социоматического анализа

Технология социоматического анализа позволяет ьыстро оценивать эмоционально-смысловой климат в выбранном направлении и характеризуется следующими возможностями:

1. Оцифровка эмоций
2. Многонаправленность
3. Масштабируемость
4. Кросс-культурность
5. Полиэтничность и полилингвальность
6. Сравнимость результатов из разных источников
7. Низкая себестоимость
8. Многокритериальность
9. Минимум временных затрат
10. Низкая требовательность к структурированности текста
11. Расширяемость
12. Отстраненность
13. Отсроченность

Для целей исследования были подобраны наиболее значимые информационные источники арабского мира. Они несли регулярный новостной поток с коммерческой и социально-политической информацией за разные годы в Сирийской зоне интернет. Собрав новостные потоки за разные годы, нами была проведена числовая оценка коэффициентов Социомы выбранных источников за разные годы. Проделанная работа позволила сравнить динамику рассчитанных коэффициентов с реальными событиями в Сирии в разные годы.

Некоторые из выводов исследования:

В Социоме сирийского рынка электроники 2011 г появляются самые высокие коэффициенты демократичности в феврале и марте, что свидетельствует о положительной рыночной ситуации

взаимодействия и обмена и продолжении продаж и покупок. Это был период, особенно в октябре и июне, относительно спокойного состояния в стране, отражающего готовность сирийского правительства к изданию новых законов для реформирования экономики, политики и средств массовой информации в целях построения современной Сирии.

Однако в первом квартале 2011 года нарастает нестабильность рынка. Это было связано с появлением различной информации о возможных переменах. Очевидно, подобная информация не могла не сказаться на ощущении безопасности и усилении напряженности. Эти ожидаемые изменения не оценивались рынком положительно, так как могли быть связаны с началом арабской весны в соседних государствах, таких как Египет, Тунис и Ливия и нарастанием протестного движения в сирийском обществе.

В марте 2011 года в Сирии началась Арабская весна, создавшая условия для обострения экономической и социальной ситуации. Особенно заметно это обострение стало в начале мая с проявлением актов насилия в отношении государственных учреждений, грабежами магазинов и предприятий, а также уничтожения государственной и частной собственности. Экономическая и социальная ситуация на сирийском рынке не изменилась и во второй половине 2011 года, Это объясняет высокие значения коэффициента тревожности в тот период.

Самый высокий уровень коэффициента страха (1.44) в Социоме Сирийского рынка электроники 2011 года появились в марте с началом демонстраций и протестов в Сирии, после долгих лет стабильности и (1.03) в октябре, когда некоторые компании начали закрываться или переезжать в соседние страны.

В апреле, мае и августе, сразу после начала Сирийского кризиса, был принят ряд законов, таких как освобождение от налогов, амнистия, снижение таможенных пошлин на импортируемую продукцию и повышение заработной платы но принятие этих мер оказалось недостаточным, чтобы сдержать кризис.

Несмотря на специальные действия, которые наблюдалась в Сирии в 2011 году, ситуация в обществе не изменилась в целом и на рынке в частности. Социома дала точное описание хода событий 2011 года, показывая это при сравнении значения каждого коэффициента в каждом месяце отдельно и наиболее важных политических и экономических событий, наблюдаемых Сирией в том же месяце.

2013 год является поворотным в истории сирийского кризиса, особенно в условиях усиливающейся атмосферы войны между правительством и оппозицией, с одной стороны, и возникшей террористической организацией и принимающий идею исламских экстремистских призывов к оружию против государства, с другой стороны (например, группа Исламского государства в Сирии и Ираке) и Фронт ан-Нусра.

В 2013 году Социома сирийского рынка характеризуется следующим образом. Высокий балл по коэффициентам страха и тревожности в первой половине года может быть связан с израильским рейдами в научно-исследовательские центры Дамаска, или в применении террористами химического оружия в районе Хан-аль-Ассаль в городе Алеппо, или в результате угроз американской военной интервенции в Сирию.

2014 год – один из самых сложных периодов в истории Сирийской войны, международный отчет оценил экономические потери в $ 144 млн. между 2011 и 2014 годами в Сирии. Помимо всех этих экономических потерь, 2014 год увидел появление одного из самых отвратительных по дикости террористических групп в истории человечества

Все эти политические и экономические события отражает увеличение среднего коэффициента тревожности в Социоме сирийского рынка по сравнению с предыдущими годами, с 2011 и последующими годами до начала 2019.

В Социоме сирийского рынка 2015 замечено изменение по динамике коэффициентов по их прямым значениям с приведенной единой шкалой оценок, особенно в последнем квартале года, где поднимались значение коэффициентов демократичность, решительность, подготовка, исполнение и сосредоточенность. Это совпало со вступлением российских вооруженных сил в Сирию и победоносными действиями над террористами.

В Социоме сирийского рынка 2018 года замечен высокий уровень коэффициента демократичности, особенно, во втором и третьем триместрах года, в то время как коэффициент тревожности сохранялся в одном темпе в течение года и остался на низком уровне по сравнению с предыдущими пятью годами.

В отличие от коэффициента демократичности, коэффициенты подготовки и исполнения сохранили высокий уровень в первом половине года.

Проявленный в май 2018 года высокий уровень коэффициентов демократичность, решительность, широты диапазона сознания, исполнение и страха, а также низкий уровень коэффициентов тревожности и сосредоточенности, может быть связана с атакой американских ракет на Сирию в конце апреля с одной стороны и началом независимости во всех сирийских городах, кроме города Идлиб, с другой стороны.

Подводя итог проведенной работы можно сформулировать следующие выводы:

Характер рекламного и новостного потока зависит от изменения смыслового фона социальной ситуации.

Психоэкономические исследования, оценивающие эмоциональное и психологическое состояние потребителей, очень важны в маркетинговых исследованиях, особенно во время кризисов и войн.

Методы традиционных исследований, такие как анкеты и интервью, не считаются эффективными инструментами в маркетинговых исследованиях для оценки эмоционального состояния и настроений людей в периоды войны и не отвечают требованиям скорости в свете постоянных изменений на динамичном рынке.

Во время кризиса экономическому состоянию социальных событий предшествовало особые периоды психологического состояния - другими словами, снижению продаж и покупок предшествовал высокий уровнь тревоги.

С позитивными изменениями социальной ситуации значения коэффициентов Подготовка, Исполнение, Демократичность, Решительность быстро повышаются, а уровни коэффициентов тревожности и страха медленно снижаются.

Проведенный анализ тяжелого исторического периода, связанного с войной в жизни Сирии с 2011 по 2019 годы стал возможен только благодаря использованию нового метода сбора и оценки информации – диссипативному социоматическому анализу.

Литература

1. *Панушкин В.Г.* Социома (социальная матрица). – М.: Издательство «Перо», 2018. – 338 с.
2. https://www.sana.sy Информационное агентство.
3. https://arabic.rt.com/ Информационное агентство.

ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСУРСНО-ДОБЫВАЮЩЕГО РЕГИОНА

Исаева Н.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
nat_i50@ipu.ru

Аннотация. Рассмотрена методология и результаты экспертного анализа социально-экономического развития ресурсно-добывающего региона. Метод анализа основан на обработке экспертных оценок с применением балльной системы. Управление экономикой региона освоения недр представляется двумя компонентами: управлением на уровне холдинга и на уровне администрации региона. Показана необходимость согласования этих уровней. Рассмотрена модель развития отраслевой структуры региона, обеспечивающая поддержание его экономического потенциала в долгосрочном периоде. В качестве примера анализа использованы данные Ханты-Мансийского автономного округа.

Ключевые слова. Социально-экономическое развитие, экспертные оценки, балльная система, управление, уровень холдинга, уровень администрации региона, модель развития.

Введение

Освоение и добыча минеральных ресурсов составляет существенную часть экономики России. Высокая рентабельность отраслей, связанных с добычей природных ресурсов, ставит их в привилегированное положение. Отсутствие эффективного стратегического управления в течение определенного времени приводит к деформации отраслевой структуры экономики, выраженной в деградации высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, снижении экономического суверенитета страны. На уровне отдельного региона преобладающая сырьевая ориентация региона несет опасность экономической и социальной деградации в долгосрочном периоде в связи с исчерпанием запасов ископаемых ресурсов. Решением этой проблемы может являться своевременное развитие альтернативных отраслей и производств.

Специфика экономики Ханты-Мансийского автономного округа связана с открытием на его территории богатейших нефтяных и газовых месторождений. С начала разработки нефтяных месторождений на территории автономного округа (с 1964 года) по состоянию на 1 октября 2013 года накопленная добыча нефти — 10410,9 млн. тонн [1].

Автономный округ относится к регионам-донорам России и занимает лидирующие позиции среди субъектов Российской Федерации:

- по добыче нефти (около 51 % общероссийской добычи);
- по производству электроэнергии (7 % общероссийского показателя);
- по объёму валового регионального продукта (в 2012 году — 2,467 трлн. рублей);
- по добыче газа (4,5 % общероссийской добычи);
- по поступлению налогов в бюджетную систему Российской Федерации (около 16 % общероссийских поступлений);
- по объёму инвестиций в основной капитал (в 2012 году — 669,9 млрд. рублей).

В структуре промышленного производства автономного округа добыча полезных ископаемых занимает более 90 %, поэтому развитие экономики автономного округа во многом определяется динамикой добычи нефти и динамикой нефтяных цен.

1 Основные тенденции динамики добычи нефти в автономном округе

Основной объём добычи нефти на территории автономного округа обеспечивают 9 вертикально интегрированных нефтяных компаний, добыча по которым составила 99,2 % от общей добычи нефти по автономному округу, 0,8 % от общего объема нефти добывается 14 производителями, не входящими в состав вертикально интегрированных компаний.

Лидирующие места по добыче нефти принадлежат ОАО «НК «Роснефть» (40,1 % от общего объёма), ОАО «Сургутнефтегаз» (21,2 %), ОАО НК «ЛУКОЙЛ» (18,6 %). Перечисленные 3 компании добывают 79,9 % всей нефти округа.

По данным департамента экономического развития с 2003 года в автономном округе наблюдается снижение темпов добычи, а с 2008 года уменьшение непосредственно добычи нефти. Это связанно с объективными изменениями в структуре извлекаемых запасов месторождений, с недостатком ресурсных мощностей из-за постепенного истощения старых месторождений, замедления темпа ввода в эксплуатацию новых месторождений.

По информации Автономного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. Шпильмана» объемы добычи нефти в автономном округе сократились с 278,4 млн. тонн в 2007 году до 255,1 млн. тонн в 2013 году. Среднегодовое сокращение объемов добычи составляет порядка 4 млн. тонн.

Сокращение объемов добычи нефти сопровождается географическими изменениями деятельности нефтяных компаний — происходит перенос добычи в центральные и западные районы автономного округа. Хотя по-прежнему, на два восточных административных района автономного округа: Сургутский и Нижневартовский приходится 59,6 % от всего объема нефти, добытой на территории автономного округа, основной прирост добычи наблюдается Ханты-Мансийском районе, тогда как в Сургутском и Нижневартовском районе объемы добычи снижаются. Увеличение добычи происходит за счет интенсивной эксплуатации Южной части Приобского месторождения ОАО «Газпромнефть-Хантос» и Приразломного месторождения ООО «РН-Юганскнефтегаз», а так же за счет введения в разработку новых месторождений на западе автономного округа.

Другим процессом, сопровождающим снижение объемов добычи нефти, является замедление темпов эксплуатационного бурения. Следует обратить внимание на тот факт, что снижение объемов добычи нефти пока не отразилось на динамике эксплуатационного фонда скважин. Общий эксплуатационный фонд нефтяных скважин автономного округа на 1 октября 2013 года — 79,4 тыс. скважин. Ежегодно в эксплуатацию вводится 3—4 тысячи новых добывающих скважин. Нет существенных изменений и в динамике неработающего фонда скважин.

Анализируя период роста мировых нефтяных цен (2003—2008 гг.), удалось показать наличие в нефтяной отрасли Югры негативной тенденции — опережающего роста численности занятых при снижении объемов добычи и производительности труда. Данная тенденция является проявлением «голландской болезни» в экономике автономного округа. Основным следствием наличия в экономике автономного округа «голландской болезни» является рост заработных плат, опережающий рост производительности труда. Особенно данное явление было характерно для периода быстрого роста нефтяных цен (2003—2008 гг.).

2 Оценивание факторов создания стоимости нефтедобывающего сектора и эффективности деятельности высших должностных лиц субъекта

Рассмотрим факторы создания стоимости нефтедобывающего сектора, совместная эффективность которых может быть оценена путем свертки их оценок [3].

Табл. 1. Структура комплексной оценки факторов создания стоимости нефтедобывающего сектора.

Факторы создания стоимости нефтедобывающего сектора
Наращивание ресурсной базы путем успешного проведения геологоразведочных работ на суше и континентальном шельфе
Поддержание позитивной динамики добычи нефти
Увеличение стоимости интегрированного газового бизнеса благодаря росту добычи и прямым контрактам на продажу
Постоянное повышение доходности интегрированного бизнеса в области переработки, коммерции и логистики
Контроль над расходами и дисциплина капитальных вложений
Финансовая устойчивость и постепенное снижение долговой нагрузки:
Устойчивые дивидендные выплаты
Улучшение стандартов раскрытия информации и взаимодействия с инвесторами

Процесс создания стоимости реализуется на уровне холдинга. На уровне администрации региона осуществляется управление социальным развитием региона. В связи с этим является актуальным перечень поручений Президента по итогам расширенного заседания президиума Государственного совета, состоявшегося 23 ноября 2018 года [2]. Предложенная на нем структура оценки эффективности деятельности высших должностных лиц субъектов Российской Федерации может быть представлена в виде древовидной структуры, пригодной для расчета комплексной оценки на основании оценок отдельных факторов [3].

Табл. 2. Структура комплексной оценки эффекта деятельности высших должностных лиц субъектов Российской Федерации

Оценка эффективности деятельности высших должностных лиц субъектов Российской Федерации"	
Уровень доверия к власти (Президенту Российской Федерации, высшим должностным лицам субъектов Российской Федерации).	
Производственная сфера	
	Число высокопроизводительных рабочих мест во внебюджетном секторе экономики, тыс. чел.
	Численность занятых в сегменте малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей, тыс. чел.
	Производительность труда в базовых несырьевых отраслях, индекс.
	Реальная среднемесячная заработная плата работников.
	Объем инвестиций в основной капитал, за исключением инвестиций инфраструктурных монополий (федеральные проекты) и средств федерального бюджета, в реальном выражении, индекс.
Доля автомобильных дорог регионального значения и агломераций, с учетом загруженности, соответствующих нормативным требованиям, процентов.	
Качество окружающей среды.	
Социальная сфера	
	Уровень бедности, процентов.
	Общая продолжительность жизни, лет.
	Естественный прирост населения, чел.

Оценка эффективности деятельности высших должностных лиц субъектов Российской Федерации"		
		Количество семей, улучшивших жилищные условия, тыс. ед.
		Уровень доступности жилья для жителей субъекта Российской Федерации.
		Доля городов (населенных пунктов) с благоприятной городской средой.
	Уровень образованности.	

Развитие базовых несырьевых отраслей направлено на развитие социальной сферы, а также на обеспечение устойчивости экономики региона в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Ханты-Мансийский Автономный Округ – ЮГРА. https://admhmao.ru/
2. Президент утвердил перечень поручений по итогам расширенного заседания президиума Государственного совета, состоявшегося 23 ноября 2018 года. - https://aftershock.news/?q=node/712994&full
3. Гусев В.Б., Павельев В.В. Использование непрерывных шкал при оценивании и принятии решений в сложных проблемных ситуациях. М.: ИПУ РАН, 2013. – 118 с.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МНЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ

Козицин И.В.[1,2], Марченко А.М.[2], Гойко В.Л.[3], Палкин Р.В.[3]

[1]Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65,
[2]Московский физико-технический институт,
Россия, г. Долгопрудный, пер. Институтский д.9
artyemiy0@gmail.com
[3]Томский государственный университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина д.36
kozitsin.ivan@mail.ru, artyemiy0@gmail.com, goiko.slava@gmail.com, romangg81@gmail.com

Аннотация: Проведен анализ динамики политических взглядов российских пользователей ВКонтакте. Используя алгоритм, который для данного пользователя генерирует число, описывающее его политические предпочтения, мы сконструировали временной ряд. Соотнеся его с "графом дружбы" ВКонтакте, мы получили экспериментальные подтверждения явлению конформизма, влияющего на динамику мнений.

Ключевые слова: онлайновые социальные сети, социальное влияние, конформизм, динамика мнений.

Введение

Хорошо известно, что мнение человека во многом зависит от окружения, в котором он находится (семья, друзья, культура и т.д.) [1]. В частности, в экспериментах Шерифа и Аша было показано, что имеет место явление конформизма: индивид склонен менять свои взгляды, подражая людям вокруг [2,3]. Для количественного описания этого процесса было построено огромное количество математических моделей, некоторые из которых были подтверждены экспериментально в лабораторных условиях [4].

Появление Интернета и, особенно, онлайновых социальных сетей (ОСС) подстегнуло интерес научного сообщества к феномену социального влияния. ОСС предоставляют беспрецедентную возможность для анализа паттернов социальных взаимодействий. Исследуя находящиеся в открытом доступе информационные отпечатки пользователей, можно сопоставить их с моделями динамики мнений в ОСС. Тем самым, эти модели могут быть подтверждены, уточнены или опровергнуты, что позволит углубить наши знания о феномене социального влияния и процессах, лежащих в основе механизма формирования мнения человека.

1 Данные

Для определения политических взглядов пользователей используется алгоритм [5], который для данного пользователя i генерирует число от нуля до единицы, выражающее степень его поддержки действующего Президента РФ В.В. Путина. Ноль соответствует максимальной оппозиционности взглядов, единица – абсолютной поддержке. В основе алгоритма лежит модель логистической регрессии, обученная на данных с аккаунтов пользователей, чьи политические взгляды считаются

известными. В качестве признаков выступают подписки пользователя на публичные страницы и аккаунты других пользователей, которые имеют более 1000 подписчиков.

Для формирования фокус-группы были случайно выбраны 4,5 млн. пользователей среди тех, кто удовлетворяет следующим правилам фильтрации: 1) пользователь из России (указал Россию страной проживания при регистрации); 2) возраст не меньше 18 лет на 20 февраля 2018 года; 3) последний раз посещал сеть ВКонтакте не более чем месяц назад на 20 февраля 2018 года. Для каждого пользователя из фокус-группы данные, необходимые для определения его политических взглядов, были выгружены трижды: в феврале, июле и декабре 2018 года. В результате были сформированы три базы данных: D1, D2 и D3 соответственно. Кроме того, в июле 2018 года для каждого пользователя из фокус-группы были скачаны все его друзья в сети ВКонтакте (пользователи, которые связаны с ним отношением «дружба»). Тем самым была сконструирована база данных G.

В силу того, что аккаунты пользователей могут быть удалены, заблокированы или закрыты настройками приватности в силу тех или иных причин, в базах данных D2 и D3 были пропуски. Соответствующие аккаунты исключались из дальнейшего анализа. После склеивания D1, D2 и D3 по анонимизированным индексам, была сформирована таблица D, каждая строка которой (всего их 4046546) соответствует динамике мнений конкретного пользователя и не имеет пропусков. Ее столбцы соответствуют наборам мнений пользователей в вышеуказанные три момента времени.

2 Анализ агрегированных показателей

На рис. 1 приведена гистограмма, описывающая типичное распределение мнений пользователей.

Среднее значение и стандартное отклонение рассматриваемого вектора мнений менялись следующим образом: февраль – 0.479 и 0.148; июль – 0.478 и 0.151; декабрь – 0.477 и 0.158 соответственно. Таким образом, наблюдается незначительное снижение уровня поддержки Президента вкупе с ростом уровня разброса мнений.

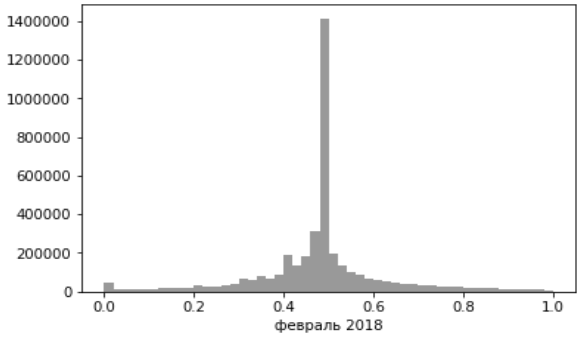


Рис. 1. Распределение мнений пользователей по состоянию на февраль 2018 года

3 Социальное влияние и динамика мнений

Для выявления паттернов социального влияния мы проанализировали, каким образом усредненное мнение друзей пользователя влияет на изменение его мнения. Для пользователя i обозначим множество инцидентных ему пользователей в графе G через $V(i)$. Тогда усредненное мнение друзей пользователя i в момент времени t может быть получено как

$$p_{-i}(t) = \frac{\sum_{j \in V(i)} p_j(t)}{|V(i)|}. \quad (1)$$

Были построены диаграммы рассеяния с наложенной тепловой картой. По оси ординат откладывалось изменение мнения пользователя $p_i(t_2) - p_i(t_1)$, а по оси абсцисс – разность усредненного мнения друзей пользователя (1) и его собственного мнения в предыдущий момент времени $p_{-i}(t_1) - p_i(t_1)$. Для случайной выборки из 300000 пользователей базы данных D диаграммы рассеяния за периоды с февраля по июль и с июля по декабрь изображены на рис. 2

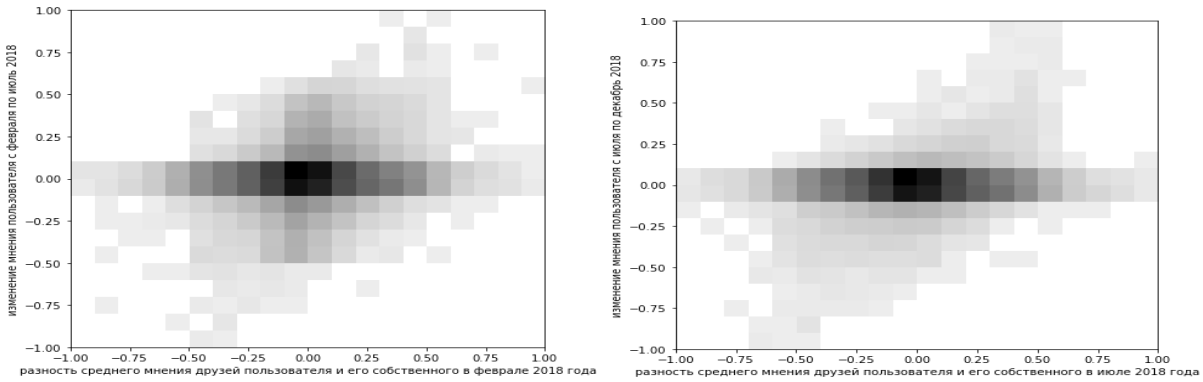


Рис. 2. Связь мнений друзей пользователя с изменением его мнения

Обозначим через M множество точек диаграммы рассеяния, $M \subset \square^{2}_{[-1,1]}$. Введем следующие функции:

(2) $$M_{+}(p,q)=\frac{|\{(x,y)\in M \mid x>p, y>q\}|}{|\{(x,y)\in M \mid x>p, y<-q\}|}, M_{-}(p,q)=\frac{|\{(x,y)\in M \mid x<-p, y<-q\}|}{|\{(x,y)\in M \mid x<-p, y>q\}|}.$$

Основной результат состоит в том, что функции $M_{+}(p,q)$ и $M_{-}(p,q)$ в (2) являются монотонными по $p>0$ и $q>0.$ При этом для промежутка (февраль – июль) $M_{+}(0.1,0.1)=3$ и $M_{-}(0.1,0.1)=3.6$, а для промежутка (июль – декабрь) аналогичные показатели составляют 2.2 и 6.1 соответственно. Поскольку разность $p_{-i}(t_1)-p_i(t_1)$ определяет уровень разногласий между друзьями пользователя и им самим, полученные результаты свидетельствуют о том, что пользователи стремятся снизить уровень разногласий, поменяв свое мнение «в угоду» своему окружению. Таким образом, полученные нами данные говорят о влиянии конформизма на динамику мнений пользователей. Дальнейшие исследования в данном направлении могут помочь уточнить формальные правила, описывающие механизмы формирования мнений индивидов.

Литература

1. *Flache A. et al.* Models of social influence: Towards the next frontiers // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. Vol. 20. 2017, № 4.
2. *Sherif M.* The psychology of social norms. 1936.
3. *Asch S. E., Guetzkow H.* Effects of group pressure upon the modification and distortion of judgments // Documents of gestalt psychology. 1951. P.222-236.
4. *Proskurnikov A. V., Tempo R.* A tutorial on modeling and analysis of dynamic social networks. Part I // Annual Reviews in Control. Vol. 43. 2017. P.65-79.
5. *Козицин И.В. и др.* Моделирование политических взглядов российских пользователей ВКонтакте // Математическое моделирование. В печати.

ПРУДЕНЦИАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРАВООТНОШЕНИЙ КАК МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИНАЛОГОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ

Колосов Б.В.
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
boriskolosov19@gmail.com

Аннотация: Цель исследования связана с необходимостью определения роли и значения информационных технологий в системе налогообложения, определения понятия пруденциального регулирования информационных и коммуникационных правоотношений как метода оптимизации налогового администрирования в Российской Федерации. Достижение поставленной цели может существенно повысить качество регулятивной и контрольно-надзорной деятельности органов государственной власти в части определения, установления, введения и взимания налогов, сборов и обязательных платежей, направляемых в бюджеты соответствующих уровней бюджетной системы Российской Федерации, а также позволит

установить более четкие связи нормативного взаимодействия между основными элементами национальной системы налогообложения.

Ключевые слова: крупномасштабные системы, налоговое администрирование, цифровые технологии, цифровая экономика, информационные и коммуникационные технологии, унифицированные коды налоговой классификации, информационно-коммуникационные правоотношения.

Введение

Поиск путей решения проблем управления развитием цифровой экономики, включая проектные офисы и ситуационные аналитические центры, а также институты развития крупномасштабных систем по праву становятся сегодня одними из наиболее важных направлений в фундаментальных исследованиях российских ученых. В работе пруденциальное регулирование информационных и коммуникационных правоотношений рассматривается как метод оптимизации налогового администрирования. Предлагаемый подход к решению задач унификации применяемых на практике кодов бюджетной классификации (КБК), кодов индивидуального лицевого счета гражданина в системе обязательного пенсионного страхования (СНИЛС) и др. является актуальным и практически значимым. На наш взгляд, разработка и нормативное закрепление в НК РФ унифицированных кодов налоговой классификации (УКНК) обеспечит значительный прорыв в процессе цифровизации налогообложения, что в свою очередь приведет к снижению себестоимости контрольно-надзорной функции налоговых администраций и повышению их производительности труда.

1 К вопросу о понятиях

Под пруденциальным регулированием будем понимать разновидность управленческой деятельности уполномоченного органа государственной власти, связанной с разработкой и введением в нормативный оборот социальной нормы, закрепляющий цифровое значение конкретного экономического показателя. Например, двадцатизначные коды бюджетной классификации (КБК), закрепленные в [1,2] являются бюджетной правовой нормой в пруденциальном регулировании цифровых бюджетных правовых отношений. В налоговых правовых отношениях такими нормами являются закрепленные в НК РФ правила применения специальных кассовых аппаратов, использование личных кабинетов налогоплательщиков, налоговые ставки и др.

2 Практика применения и исполнения норм налогового права, регулирующих использование информационных и коммуникационных правоотношений (ИКП)

Регулирование ИКП в бюджетной системе, бюджетном процессе и налогообложении значительно отстаёт от практики распространения и внедрения информационно коммуникационных технологий (ИКТ), и в том числе в деятельности экономических субъектов, действующих в указанных сферах. Анализ кодификационных нормативно-правовых актов, регулирующих финансовые правоотношения [1,3] свидетельствует об отсутствии нормативных уложений, определяющих поведение субъектов, использующих ИКТ в своей предпринимательской деятельности (организации налогоплательщики) и контрольно-надзорной деятельности (налоговые органы).

3 ИКТ и возможности оптимизации налогового администрирования

Применение ИКТ в работе национальной налоговой системы неразрывно связано с оптимизацией налогового администрирования. Главная задача в этом направлении – обеспечить нормативную связь между такими элементами системы как бюджет (Б) > налоговая служба (НС) > налогообязанные лица (НоЛ). Однако нормативная связь: {НоЛ > НС >Б}, не может быть установлена без использования средств информационной коммуникации. По этой причине в схему {НоЛ > НС >Б} необходимо включить еще один элемент, а именно ЭВМ, способную обмениваться большими данными, передаваемыми в сети интернет и использующую стандарт мобильной связи пятого поколения (5G). В нашем случае ЭВМ должна обеспечивать сверхнадежную межмашинную связь с низкими задержками Ultra-Reliable Low Latency communication (URLLC), т.е. особого класса услуги с очень низкими задержками.

4 {КБК+ИНН+СНИЛС = УКНК} – формула для решения задачи конструирования налоговой правовой нормы

И так, в современных правоотношениях применяется такая правовая и организационно-технологическая конструкция {НоЛ >ЭВМ>НС>ЭВМ>Б}, которая сегодня активно реализуется и имеет легальное закрепление в НК РФ. Например, в части использования личного кабинета налогоплательщика [4]. Однако если ставить задачу оптимизации налогового администрирования через внедрение в процесс налогообложения ИКТ, необходимо существенным образом изменить существующую нормативную совокупность, предусматривающую установление коммуникационной

связи между всеми элементами системы {НоЛ > НС >Б} и {ЭВМ}. Поэтому предлагается такая конструкция правовой нормы, которая бы закрепляла интегрированный комплекс {КБК+ИНН+СНИЛС}, где СНИЛС – страховой номер гражданина в системе обязательного пенсионного страхования.

Подобная интеграция в первом приближении может быть представлена следующей совокупностью: {КБК+ИНН+СНИЛС=УКНК}

5 К вопросу о структурных преобразованиях в действующих системах кодирования финансово-правовых отношений

Предположим, что 20-тизначная структура КБК имеет такие цифровые обозначения как 1,2,3 – 20, тогда «А» компонент структуры УКНК будет выглядеть как показано на рис.1.

А.Структура КБК: Рис.1

Код главного администратора доходов бюджета			Код вида доходов бюджетов										Код подвида доходов бюджетов						
			группа доходов		подгруппа доходов		статья доходов		подстатья доходов			элемент доходов		группа подвида доходов бюджетов				аналитическая группа подвида доходов бюджетов		
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Рис.1 Структура КБК

Допустим другие компоненты структуры УКНК, такие как «Б» и «В» получают следующие буквенно-цифровые обозначения: I,II,III – XII и A, B, C – L как и показано на рис. 1 и 2.

Б. Структура ИНН: Рис.2

Субъект РФ		**№ ИФНС**		**Данные плательщика**						**Контрольное число**	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

Рис.2 Структура ИНН

В. Структура СНИЛС: Рис.3

Страховой № индивидуального лицевого счета гражданина в системе обязательного пенсионного страхования РФ									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-11
A	B	C	D	E	F	G	H	K	L

Рис.3 Структура СНИЛС

Заключение

1. Учитывая структурные компоненты УКНК, показанные на рис.1 – 3, возможно матричное построение искомого унифицированного кода или «УКНК», как видно на рис. 4 он содержит в себе 42-значный буквенно-цифровой код. Предполагается, что после заполнения всех граф, каждому НоЛ налоговым администратором генерируется и присваивается QR код, имеющий структуру, обозначенную на рис. 4 как Матрица УКНК.

Матрица УКНК, Рис.4

1	2	3	4	5	6
I	II	III	IV	V	7
A	B	C	D	VI	8
20	K	L	E	VII	9
19	H	G	F	VIII	10
18	XII	XI	X	IX	11
17	16	15	14	13	12

Рис.4 Структура УКНК (Матрица)

2. Для идентификации НоЛ и использовании УКНК как метода оптимизации налогового администрирования необходимо разработать специальное считывающее данный QR код устройство с программным обеспечением его работы.

3. Построить правовую конструкцию нормы, закрепляющей основы и принципы применения УКНК в деятельности налоговых администраторов и предложить ее внедрение в юридический нормативно-правовой оборот.

Литература

1. Ст.18-21 «Бюджетный кодекс Российской Федерации» от 31.07.1998 № 145-ФЗ.
2. Приказ Минфина России от 08.06.2018 №132н «О порядке формирования и применения кодов бюджетной классификации, их структуре и принципах назначения».
3. «Налоговый кодекс Российской Федерации» от 31.07.1998. №146-ФЗ.
4. Приказ ФНС России от 22.08.2017 № ММВ-7-17/617 «Об утверждении порядка ведения личного кабинета налогоплательщика».
5. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. №203 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы».
6. Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.206 №149-ФЗ.
7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р Об утверждении Программы «Цифровая экономика Российской Федерации»».
8. *Колосов Б.В.* Налоговое администрирование: постановка задачи, разъяснение смысла ограничений и основной результат. // Ученые труды Российской академии адвокатуры и нотариата. 2018. № 1 (48). С. 98-102.
9. *Колосов Б.В.* Цифровые технологии в системе налогового администрирования / Материалы 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 1. С. 209-211.
10. *Колосов Б.В.* Информационные коммуникационные технологии в налогообложении // Налоги. 2018. № 5. С. 15-16.

МОДЕЛЬ LOG-ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ С ОБОСТРЕНИЕМ НА БИРЖЕ

Кривошеев О.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул . Профсоюзная д.65
o-krivosheev@ya.ru

Аннотация: В работе обсуждается механизм формирования лог-периодического тренда. log-периодические режимы предшествующие качественному изменению динамики встречаются в различных предметных областях и успешно применяются для предсказания времени разрушения технических объектов и экономических кризисов. Однако их теоретическое объяснение применительно к экономике в настоящее время несовершенно и разрабатывается. В работе предлагается вариант такого теоретического объяснения на базе использования сочетания избыточного, спроса возникающего при росте рынка в модели постоянного кредитного рычага для трендовых инвесторов и сопротивления противотрендовых игроков. Это сопротивление, в случае если оно становится некоторой частью стратегии трендовых инвесторов, может отвечать за колебания кредитного рычага на времени детекции изменения (пересчёта) тренда. Показывается, что динамическое изменение времени пересчета тренда способно объяснить учащающиеся по log-периодическому закону осцилляции.

Ключевые слова: лог-периодический режим, log-periodic, режим с обострением на бирже, LPPLS, crash.

Введение

Наиболее известным событием, связанным с режимом с обострением на бирже является биржевой крах 1929 года. Это событие стало крупнейшим экономическим и военно-политическим кризисом XX века. В настоящее время достигнут значительный прогресс в применении режимов с обострениями для прогноза вероятного интервала обвала и смены тенденции на бирже. Исследование режимов с обострением началось с работ Дидье Сорнетта[1-11]. Основное теоретическое объяснение представляет собой модель Йохансена, Ледуота, Сорнетта или JLS [7] модель(названная по первым буквам авторов). Современные исследования касаются улучшения техники определения доверительных интервалов. В этом помогает также формализация модели процесса. Также обсуждаются вопросы повышения скорости вычислений. Последнее достижение было связано с работой Филиппова и Сорнетта в которой, что резко повысило производительность вычислений [6]. Объектом теоретического исследования является также возможное будущее влияние игроков, способных идентифицировать.

Авторы эмпирической модели утверждают[7], что она способна описывать 2/3 обвалов рынка, которые вызваны эндогенными причинами. Оставшуюся треть составляют события экзогенной природы, которые средствами идентификации лог-периодического режима с обострением, естественно, не могут быть предсказаны.

1 Эмпирическая модель

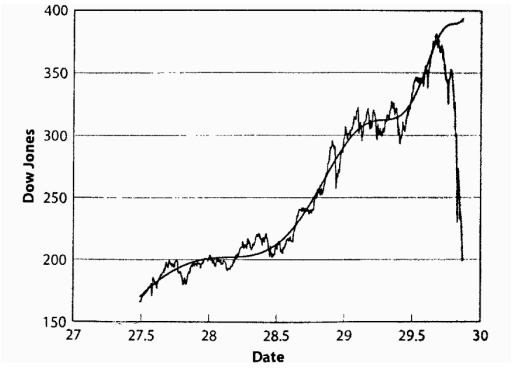


Рис.1 График индекса Доу-Джонс перед началом Великой депрессии - обвалом 1929 года.

Основное уравнение модели имеет вид

(1) $$p = A + B(t_c - t)^{-m} + C(t_c - t)^{-m}\cos(\omega\log(t_c - t) + \varphi)$$

в этой записи 4 нелинейных параметра

t_c - момент обострения,

m - степень роста при приближении к точке сингулярности t_c

ω - логарифмическая частота осцилляций,

φ -фаза,

A, B, C - параметры амплитуды.

Для вычислений эффективна форма

(2) $p = A + B(t_c - t)^{-m} + C'(t_c - t)^{-m}\cos(\omega\log(t_c - t)) + D\sin(\omega\log(t_c - t))$, [].

В которой 4 линейных параметра и три нелинейных, что упрощает поиск правильной нелинейной регрессии.

2 Теоретическая модель Йохансена, Ледуота, Сорнетта (JLS)

2.1 Описание модели JLS

В качестве основной теории Сорнетт, Йохансен и Ледуот, предложили модель на базе уравнения первого порядка с шумом

(3) $d\ln p = \mu(t)dt + \sigma dW - kdj$

Где величина автономная величина $\mu(t)$ обратно пропорциональна остатку времени до момента обострения.

dW - шум с нулевым матожиданием и «единичной» дисперсией, σ - амплитуда

Последний член отвечает за падение цены в кризис.

Компонент $\mu(t)$ пропорционален первообразной выражения (1) и отвечает уровню риска.

Данная модель исходит из предположения, что инвесторы могут оценить будущую степень падения рыночных цен после момента обострения и расстояние до этого момента обострения, чтобы повысить цены на величину компенсирующую риски.

2.2 Критика

Модель использует информацию о будущем событии. Эта информация оказывается заложена в модель. Мы, как бы, получаем результат, который отчасти заложили.

2.3 Техническое задание на разработку модели

Предлагается ориентироваться на модель, которая получает режим с обострением как результат эволюции автономной системы.

3 Альтернативная модель

3.1 Стратегии постоянного рычага; модель неколебательного тренда

Мы предполагаем, что рыночные агенты осведомлены о трендах на рынке для каждого актива. Мы считаем, что агенты рынка для простоты имеют одну форму эмпирического знания о рынке – каким наиболее близким виннеровским процессом приближается эволюция логарифма цены актива. Под знанием тренда мы понимаем знание пары чисел – скорости генерации дисперсии в винеровском процессе и тренда виннеровоского процесса.

i - тренд: он имеет смысл ожидаемой рентабельности

ϕ - скорость генерации дисперсии: $D\ln p(t) = \phi t$

В соответствии со статьёй [12], инвестор, максимизирующий скорость роста собственного капитала использует величину кредитного рычага (процентную ставку можно включить во все нижеследующие формулы, но, чтобы не затемнять их смысл, она положена равной 0)

$$l = \frac{i}{\phi} + \frac{1}{2}$$

Согласно [12]

(4) $i_c \cong 0.5il$

средняя доходность собственного капитала i_c в оптимуме численно равна половине произведения трендовой рентабельности на величину кредитного рычага. Это дает в руки трендовых инвесторов половину дохода от капитала. Вторая половина дохода (в среднем) обязана доставаться шумовым трейдерам, доходность собственного капитала которых по соображениям безарбитражности (в среднем) не может отличаться от доходности трендовых инвесторов.

Скорость роста физического актива согласно [12] при 100% реинвестировании составляет i_c. Это значит, что если каптал на рынке S, долгосрочный инвестиционный капитал $S/2$, спрос на новые активы

(5) $D_s = i_c S/2$

Эта модель точная, в среднем

Его уравновешивает оставшаяся часть трейдеров, ответственная за ликвидацию сверх-доходных корреляций на бирже. Их деятельность приводит к тому, что шумовой «серфинг» и долгосрочно-трендовые инвестиции выравнивают доходность.

Этот спрос мы пока моделируем феноменологически как желание купить на минимумах, продать на максимумах, измеренных относительно линии ожидаемого тренда: изменение тренда требует затрат энергии и пропорционально величине тренда.

(6) $S_s = \frac{di}{dt} k(i,l,\phi) \frac{1}{2} S$ или

(7) $S_s = \frac{d\ln i}{dt} \frac{1}{2} Sf(i,l,\phi)$

$\frac{d\ln i}{dt}$ - логарифмическая производная тренда

$S/2$ - доля капитала, приходящаяся на шумовых инвесторов

$f(i,l,\phi)$ и $h(i,l,\phi)$, где $k(i,l,\phi)=\frac{f(i,l,\phi)}{i}$ - коэффициенты, зависящие от неизвестных степеней i,l,ϕ.

В первом приближении коэффициенты можно считать функциями рентабельности, поскольку в [12] показано, что l, i и ϕ «в среднем» связаны степенными функциями[117], причём, по экспериментальным признакам, вдоль неколебательной LPPLS-трендовой траектории средний рычаг не меняется (при этом, в колебательном расширении нашей модели он немного меняется внутри цикла).

Мы предполагаем, что степень α в зависимости

$$f(i,l,\phi)\approx hi^{\alpha}$$

равна 0 или достаточно блика к 0, $h=h(l)$ - степенная функция кредитного рычага.

Баланс спроса и предложения даёт уравнение $Da=Sa$, которое (4,5,7) преобразуется к виду

(8) $0{,}5il=\frac{d\ln i}{dt}f(i,l,\phi)$ или $0{,}5il=\frac{d\ln i}{dt}hi^{\alpha}$ или $\frac{d\ln i}{dt}=\frac{l}{h}0{,}5i^{1-\alpha}$

Т.е. из $i=\frac{dp}{dt}\frac{1}{p}$ (рентабельность логарифмическая приизводная цены p) и (8) получим при $\alpha=0$

(9) $i=\frac{2h}{l}\frac{1}{t_c-t}$ и $p=\frac{1}{[t_c-t]^{\frac{2h}{l}}}$

3.2 Предпосылки возникновения лог-периодических колебаний

Существенную часть нашей модели будет представлять время, на котором можно детектировать излом тренда или отклонение тренда от ранее предполагаемого.

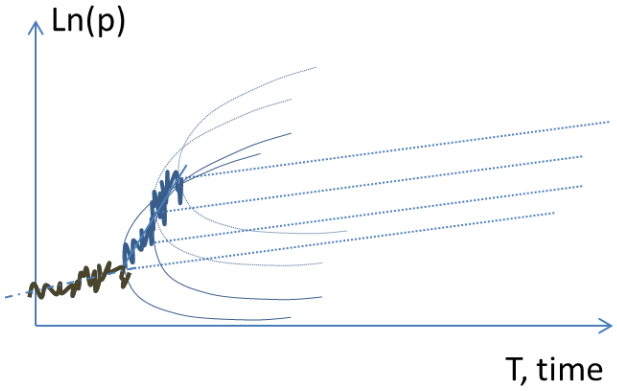


Рис.2 Прогнозируемые тренды движения цен и их доверительные интервалы.

Именно это время – время на котором трендовое отклонение начинает доминировать над броуновским блужданием - в значительной степени обосновывает логарифмическую производную, т.к. сопротивление пропорционально отклонению тренда, накопленному за время детекции отклонения, которое качественно определяется из [12] формулой

(10) $T=\frac{1}{il}$ или $T=\frac{1}{2}\frac{1}{i_c}$

Среднее отклонение цены составляет $\frac{1}{2}T^2\frac{di}{dt}$, отклонение скорости тренда $\Delta i=T\frac{di}{dt}=l^{-1}\frac{d\ln i}{dt}$

Это же время ответственно за рост частоты колебаний в системе не менее чем второго порядка

[117] *Сами эти функции немножко разные в зависимости от того, имеет ли место переток капитала между рынками с сопутствующим выравниванием доходности.*

(11) $\begin{cases} T\dfrac{dx}{dt} = \lambda y \\ T\dfrac{dy}{dt} = -\lambda x \end{cases}$,

сопровождающей осцилляциями неколебательный тренд (9),

где по (9),(10) $T = (il)^{-1} = \dfrac{t_c - t}{2h}$ и $x = \sin(\omega \ln(t_c - t) + \varphi)$, $y = \cos(\omega \ln(t_c - t) + \varphi)$, а $\omega = 2\lambda h$.

Литература

1. D. Sornette, Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems, Princeton University Press, Princeton, NJ, 2003.

2. Didier Sornette and Wei-Xing Zhou. Predictability of Large Future Changes in major financial indices. International Journal of Forecasting, 22:153-168, 2006.

3. Sornette, D., Zhou, W.-X., 2006. Predictability of large future changes in major _nancial indices. International J. Forecasting 22, 153-168.

4. Johansen, A., Sornette, D., 2001. Bubbles and anti-bubbles in Latin-American, Asian and Western stock markets: an empirical study. International J. Theoretical & Applied Finance 4, 853-920.

5. Zhang Q, Zhang Q, Sornette D. (2016) Early Warning Signals of Financial Crises with Multi-Scale Quantile Regressions of Log-Periodic Power Law Singularities. PLOS ONE 11(11): e0165819. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165819

6. Vladimir Filimonov and Didier Sornette. A Stable and Robust Calibration Scheme of the Log-Periodic Power Law Model. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 392(17):3698-3707, 2013.

7. Didier Sornette, Ryan Woodard, Wanfeng Yan, and Wei-Xing Zhou. Clarifications to questions and criticisms on the Johansen, Ledoit, Sornette financial bubble model.Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 392(19):4417-4428, October 2013.

8. Didier Sornette, Guilherme Demos, Qun Zhang, Peter Cauwels, Vladimir Filimonov, and Qunzhi Zhang. Real-Time Prediction and Post-Mortem Analysis of the Shanghai 2015 Stock Market Bubble and Crash. Journal of Investment Strategies, 4(4):77-95,2015.

9. Johansen, A., Ledoit, O., Sornette, D., 2000. Crashes as critical points. Internatioanl J. Theoretical & Applied Finance 3, 219-225.

10. *Sornette D, Johansen A*, Bouchaud JP (1996). "Stock market crashes, Precursors and Replicas". J.Phys. I France. 6 (1): 167–175.

11. Кривошеев О.И. Поиск оптимального кредитного рычага в условиях максимизации ожидаемой скорости роста стоимости портфеля. М.: Проблемы управления Вып.6 за 2015г. – с.35-45.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ПРОГНОЗЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ДЗЗ

Кульба В.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
kulba@ipu.ru,

Меденников В.И.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва ул. Вавилова, д.44-2
dommed@mail.ru,

Бутрова Е.В.

Российский университет дружбы народов, Россия г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
evbutrova@gmail.com

Аннотация: в работе рассматривается методика оценки рисков сельского хозяйства при прогнозе экономического эффекта применения данных дистанционного зондирования Земли в условиях перехода к цифровой экономике. Рассматриваются проблемы эффективности применения этих технологий в сельском хозяйстве в настоящее время.

Ключевые слова: дистанционного зондирования Земли, методика, оценка рисков, сельское хозяйство.

Введение

Данные ДЗЗ, получаемые с космических аппаратов (КА); самолетов, беспилотных летательных аппаратов (БЛА); морских судов; наземных средств, позволяют применять их и в сельском хозяйстве – от мониторинговых задач слежения за границами полей, состоянием земель и культур до

использования в прогнозировании урожайности и оперативном управлении ростом растений. Технологические изменения в средствах ДЗЗ происходят порой настолько быстро, что вступают в противоречие с известным консерватизмом в сельском хозяйстве, где эффект от внедрения инноваций проявляется порой через многие годы. В этих условиях возникают наряду с природными, экономическими еще и инновационные риски, связанные с отсутствием устоявшихся тенденций по эффективности технологий ДЗЗ. Внедрение технологий происходит методом проб и ошибок.

1 Проблемы эффективности внедрения ДЗЗ в сельском хозяйстве России

Сельское хозяйство является одной из отраслей, где проводятся эксперименты по использованию данных ДЗЗ и с КА, и с БЛА, и с наземных средств ДЗЗ в виде «точного земледелия». Сутью его является формирование новых технологий в сельском хозяйстве на основе высокоточного позиционирования, данных ДЗЗ путем создания оптимальных условий роста и развития растений. В последнее время, наряду с проводимыми интенсивными исследованиями с данными ДЗЗ с КА, огромный интерес проявляется к БЛА, благодаря возможности их применения в условиях, когда использование КА невозможно, неэффективно или экономически необоснованно. Наземные способы получения разнородной информации нашли применение в точном земледелии в комплексе с космическими технологиями.

Все эти методы ДЗЗ в чем-то конкурируют, в чем-то дополняют друг друга, постоянно совершенствуясь. Какую нишу займут эти основные технологии в целях управления сельскохозяйственным развитием, покажет ближайшее будущее, исходя из образуемой в результате их эффективности, что скажется на прогнозе экономического эффекта применения данных ДЗЗ. Для России это несет определенные риски в отсутствии финансовых и материальных ресурсов на проведение разносторонних исследований по комплексному применению этих средств.

Одна из основных причин, сдерживающих использование данных ДЗЗ в России – высокая стоимость всего комплекса оборудования и услуг, предоставляемых в основном западными компаниями. Порой стоимость только оборудования превышает стоимость отечественной техники.

Поскольку технологии ДЗЗ начали активно применяться во многих отраслях экономики с решением значительного круга задач, то они должны приобрести статус инфраструктурных технологий. В этом случае ДЗЗ в ближайшем будущем должны будут играть в экономике роль технологии общего назначения, которую в свое время сыграли телеграфная и телефонная связь. В России технологии ДЗЗ только начинают формироваться и использоваться. Готовы ли эти технологии стать технологиями общего назначения? Скорее всего – нет. Кроме высокой стоимости технологий ДЗЗ в России на такую перспективу скажется отсутствие разработок и серийного производства специализированных программно-аппаратных комплексов ДЗЗ, приспособленных для установки их на отечественные сельскохозяйственные машины. Еще одним препятствием становлению ДЗЗ технологиями общего назначения является разобщенность средств сбора, хранения и обработки данных ДЗЗ, их сосредоточенность в разнородных и разобщенных независимых центрах. Подобный разрыв существует и при тематической обработке и передаче данных ДЗЗ по единым стандартам различным пользователям. В настоящее время в сельском хозяйстве нет удовлетворительной информационной среды для комплексного использования этих данных, поскольку многие решаемые задачи нуждаются, помимо данных ДЗЗ, в большом количестве дополнительных наземных данных, например, в многолетней статистике, в информации о нормах внесения удобрений и т.п. А эта информация, даже если она имеется в электронном виде, хранится в неструктурированных разнородных информационных массивах в каждом предприятии на основе собственных концептуальных моделей предметной области, порожденных эпохой позадачного подхода к разработке информационных систем (ИС) [1, 2]. Это потребует такого же количества интерфейсов между центрами ДЗЗ и базами данных пользователей. Такой подход ведет к значительному удорожанию внедрения ДЗЗ и неэффективному использованию их данных. Если при этом учесть, что лишь 24% предприятий АПК способны начать информатизацию своей деятельности [1], то есть большой риск не начаться вообще массовому внедрению технологий ДЗЗ в сельском хозяйстве. Будут происходить лишь отдельные демонстрационные разработки. Соответственно, прогноз экономического эффекта применения данных ДЗЗ будет неблагоприятным.

2 Методика оценки рисков сельского хозяйства

Неблагоприятные погодные условия являются одним из основных источником риска агропромышленного производства. Однако технологии ДЗЗ своим воздействием на производство сельскохозяйственной продукции могут значительно уменьшить эти риски. Поскольку под рисками обычно понимаются потери, связанные с дополнительными возможными расходами ресурсов, то

необходимо риски, связанные с погодными условиями, рассматривать в комплексе с инновационными в виде применения технологий ДЗЗ. Среди методов, применяемых для анализа рисков в сельском хозяйстве, наиболее востребованы следующие: статистические методы, метод экспертных оценок, метод аналогов. Рассмотрим возможность их применения и в наших исследованиях. Для подобных задач широко применяется производственная функция Кобба – Дугласа, показывающая связь между количеством производимой продукции и количеством используемых ресурсов. Оценки параметров производственных функций рассчитывают на основе статистической информации. В общем виде функция Кобба – Дугласа записывается в следующем виде:

(1) $y_j = A_j \prod_{i=1}^{I} x_{ij}^{\alpha i}$ (степенная зависимость),

либо $y_j = A_j \sum_{i=1}^{I} x_{ij}^{\alpha i}$ (линейная зависимость),

где j – вид продукции, $j \in J$, $i \in I$, y_j - результативный показатель, по отношению к которому определяется ресурсный потенциал (например, урожайность), x_{ij} - объем i – го фактора, используемого для j – го вида продукции, A_j - технологический коэффициент, α^i - коэффициенты эластичности. Производственная функция позволяет определить, за счет каких источников возможен рост результативного показателя и каково влияние на него каждого из факторов.

Для разработки методики оценки рисков будем использовать следующие четыре ресурса: земельные, трудовые, основные и оборотные фонды. В качестве результативного показателя возьмем урожайность культур, как наиболее применяемого для этих целей.

При количественной оценке риска в экономической литературе и в работах о риске производства сельскохозяйственной продукции [3] наиболее часто для измерения величины риска используется показатель колеблемости в виде среднего квадратического отклонения:

(2) $S_{nj} = \sqrt{\sum_{t=1}^{T} (y_{njt} - y_{nj}^0)^2 / T}$

для j – ой культуры хозяйства n за период наблюдений T, y_{njt} - соответственно, урожайности в момент t, $t \in T$, y_{nj}^0 - их средние значения.

Тогда коэффициент вариации $V_{nj} = S_{nj} / y_{nj}^0$ может служить мерой риска. В предпринимательской деятельности выделяют несколько уровней (зон) риска [3]: минимальный (потери до 25%); повышенный (потери от 25 до 50%); критический (потери от 50 до 75%); недопустимый (потери от 75 до 100%). При инвестициях в основные средства, использующие ДЗЗ, очевидно, что урожайность (эффективность) вырастет, но степень риска не изменится. Для измерения степени риска при инновациях разрабатываются несколько другие уравнения, например, в методике А. Кабата и Л. Найкена учитывается коэффициент автокорреляции для расчета показателя, характеризующего относительную колеблемость [3]. Однако, во всех этих методиках необходим достаточно большой ряд наблюдений, которого еще в принципе нет в силу небольшого срока использования данных ДЗЗ и причин, указанных в разделе 1. По этим же причинам метод аналогов, когда можно было бы воспользоваться накопленными данными в разных странах, не годится. Например [4], сельское хозяйство Германии готово к применению ДЗЗ путем научного подхода. Разработка концепции точного земледелия, техническое оснащение сельхозмашин и орудий, внедрение новой системы в жизнь объединены в соответствующий междисциплинарный проект с участием нескольких научно-исследовательских, промышленных, в т.ч. производящих удобрения, финансовых организаций.

Для учета снижения рисков сельского хозяйства и прогноза экономического эффекта от применения данных ДЗЗ дополним статистический метод на основе функции Кобба – Дугласа методом экспертных оценок, основанным на обобщении мнений специалистов-экспертов о вероятностях риска прогнозе экономического эффекта.

В результате обработки полученных ответов и с учетом расчетов производственной функции Кобба - Дугласа искомая методика в итоге будет основана на таком смешанном методе.

Пусть $r^{э}_{knjm}$ - оценка *k*-го эксперта о снижении риска *j* – й культуры хозяйства *n* при использовании *m*-ой технологии ДЗЗ, $r^{оэ}_{njm}$ - средняя оценка экспертов, $y^{э}_{knjm}$ - оценка *k*-го эксперта о приросте урожайности (эффективности) *j* – й культуры хозяйства *n* при использовании *m*-ой технологии ДЗЗ, $y^{оэ}_{njm}$ - соответственно, средняя оценка экспертов. Тогда получим обобщенную оценку риска $r^{1}_{njm} = V_{nj} \pm r^{оэ}_{njm}$ и обобщенную среднюю урожайность (эффективность) $y^{1}_{njm} = y^{0}_{nj} \pm y^{оэ}_{njm}$. При наличии достаточного количества экспертов можно ставить задачу поиска выбора оптимального вида технологии ДЗЗ в пространстве состояний рисков и эффективностей путем решения оптимизационной двухкритериальной задачи, методы решения которых хорошо разработаны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-010-00619 "Разработка методологии применения результатов проекта «Цифровая Земля» для решения задач народного хозяйства и модель прогноза экономического эффекта их применения в контексте цифровизации России".

Литература

1. Ерешко Ф.И., Кульба В.В., Меденников В.И. Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей //АПК: экономика, управление, 2018, № 10. – С. 34-46.

2. Ereshko, A. F., Kokuytseva, T. V. Computable models of the cooperation of digital economies. Paper presented at the Proceedings of 2017, 10th International Conference Management of Large-Scale System Development, MLSD 2017, doi:10.1109/MLSD.2017.8109617 (дата обращения 22.02.2019).

3. *Ушвицкий Л. И., Кулаговская Т.А., Тер-Григорьянц А.А.* Риски сельскохозяйственного производства: сущность, содержание и методы оценки // Успехи современной науки и образования, 2015, №1. – С. 23-30.

4. Зарубежный опыт применения технологии точного земледелия [Электронный ресурс]. – URL: http://svetich.info/zarubezhnyi-opyt-primenenija-tehnologii-.html (дата обращения 22.02.2019).

ТРАЕКТОРИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ: ГЛОБАЛЬНЫЙ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ КОНТЕКСТЫ[118]

Курочкин А.В.

Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7/9
alexkur@bk.ru

Аннотация: в докладе автор раскрывает специфику национальных стратегий инновационного развития с учетом соотношения глобальной и макрорегиональной компоненты. Ключевыми глобальными факторами, определяющими общность инновационного развития, являются: сетевизация процессов управления, цифровой формат технологического развития, диктуемый четвертой промышленной революцией, а также социально-экономические параметры «новой глобализации».

Ключевые слова: цифровизация экономики, новая глобализация, инновационное развитие, четвертая промышленная революция.

В условиях чрезвычайно динамично развивающейся в глобальном масштабе сетевой и цифровой среды функционирования национальных инновационных систем достаточно актуальным является вопрос о необходимости определения баланса национальных (региональных) особенностей инновационных стратегий роста и универсализма, диктуемого общемировыми трендами. Этот баланс тем более актуален, когда мы рассматриваем ситуацию, сложившуюся в современной российской экономике, испытывающей дополнительное негативное влияние таких факторов, как санкционный режим и абсолютное доминирование в части получения прибыли как частных компаний, так и государственного бюджета от экспорта энергоносителей и сырья.

В качестве глобальных факторов, определяющих сегодня контекст развития любой национальной экономики и инновационной системы, определим прежде всего четвертую промышленную

[118] *Исследование выполнено при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант Проект №19-011-31177 опн «Формирование политической стратегии прорывного развития региональной инновационной системы в контексте эффективного решения задачи импортозамещения».*

революцию, повлекшую становление платформенного капитализма и социально-экономические последствия т.н. «новой глобализации».

Становление «платформенного капитализма» связано с появлением и постепенным доминированием на глобальном рынке транснациональных корпораций-платформ: «на самом общем уровне платформы – это цифровые инфраструктуры, которые позволяют двум и более группам взаимодействовать. Поэтому они позиционируют себя как посредники соединяющей между собой различных пользователей: покупателей, рекламодателей, поставщиков услуг и товаров, производителей и даже физические объекты» [1, с. 41-42]. Платформенные качества современных корпораций, во многом был предопределен новым содержанием технологического развития эпохи четвертой промышленной революции. Последняя связана с созданием киберфизических производственных систем, на основе использования искусственного интеллекта и технологии Интернета вещей, позволяющей сконструировать автономную интеллектуальную сеть, контролирующую процесс выпуска продукции по всей производственной цепочке [2].

Корпорации-платформы трансформируют бизнес-процессы, обеспечивая прежде всего существенную экономию на транзакционных издержках. В частности, они эффективно опосредуют взаимодействие между отдельными людьми, социальными группами, организациями, предоставляя информационно-коммуникативное пространство, обеспечивают механизм производства, обмена, систематизации и монетизации информации, активно используют перекрестное субсидирование и сетевые эффекты для увеличения своей клиентской базы. Все это детерминирует глобальные тренды в развитии инновационных систем на национальном и макрорегиональном уровнях: виртуализацию и сетевизацию бизнес-коммуникаций, дигитализацию экономических обменов, внедрение элементов т.н. «шеринговой экономики» (sharing economy), связанных с возможностями разделяемого/кооперативного использования ресурсов и распределения затрат, которые несут частные лица и организации.

При этом, нельзя не учитывать в ходе анализа развития инновационных процессов и такие негативные следствия становления платформенного капитализма, как:

- цифровой разрыв, связанный с недостаточной подготовкой граждан для активного участия в цифровой экономике и недоразвитостью инфраструктуры;
- непрозрачность процесса принятия решений, в силу его распределенного характера и сложной алгоритмизации процесса («алгоритмические системы – это и есть пресловутые «черные ящики», потому что они производят в мире материальные эффекты, не всегда раскрывая то, как они их произвели» [3, с.328-329]);
- прекаризация рынка труда, влекущая за собой появление новых форм частичной занятости и в целом низкий уровень защиты прав трудящихся и т.д.

Феномен «новой глобализации», подробно описанный в работах Ричарда Болдуина, также оказывает существенное универсализирующее влияние на инновационные процессы в целом и развитие национальных инновационных систем в частности.

Учитывая краткий формат изложения тезисов, перечислим лишь ключевые факторы новой глобализации:

- новая глобализация окончательно перенесла центр тяжести мировой экономики на плечи транснациональных корпораций, приобретших новое платформенное содержание, которые уже сегодня «управляют международными производственными сетями и... лишают национальные экономики их сравнительных преимуществ» [4, с.27];
- процесс инновационного развития в новых условиях стал значительно более непредсказуемым и менее управляемым как со стороны бизнеса, так и государства: «экспоненциальный рост сферы ИКТ способен за считанные месяцы сделать обыденными самые невероятные вещи» [3, с.27];
- новая глобализация делает крайне сложно предсказуемой коньюнктуру рынка труда, направив фокус на различные формы частичной занятости и доминирование творческого характера новых профессий: «влияние новой глобализации становится индивидуальным в том смысле, что выигравшие и проигравшие работники более не группируются по отраслям или профессиям... поэтому точно спрогнозировать, какие именно профессии и операции в будущем станут лишними, практически невозможно» [4, с.28];
- наконец, она кардинально поменяла представление о значении расстояний и прочих географических факторов. Причем эти изменения носят амбивалентный характер: с одной стороны сети и цифровое содержание коммуникаций сводят затраты на информационный обмен практиче-

ски к нулю, с другой, физическое перемещение рабочей силы в пространстве остается весьма дорогостоящим процессом.

Однако, несмотря на рост универсализма и силы влияния новых глобализационных факторов, инновационные процессы и стратегии развития по прежнему испытывают значительное влияние макрорегиональных и национальных траекторий развития инновационных систем.

В зависимости от выбора способа систематизации и анализа социокультурных, исторических, ментальных и ряда других факторов, можно обозначить различные классификации таких траекторий. В качестве наиболее общей можно предложить дифференциацию трех макрорегиональных траекторий или моделей развития инновационных систем, представляющую три центра прорывного роста в области развития креативной, инновационной экономики: англосаксонскую, североевропейскую и восточноазиатскую.

Англосаксонская траектория, базисный конструкт которой составляет североамериканская модель Кремниевой долины, определяемая М. Кастельсом, как «открытое информационное общество, движимое силами рынка» [5, с.28]. Ее ключевыми социокультурными характеристиками выступают доминирование неолиберальной идеологии, абсолютный приоритет свободы личности и индивидуального успеха, атомизация общества и высокая степень конкуренции внутри социальной структуры. Существенное влияние в рамках англосаксонской траектории развития оказывают установки массовой шоу-культуры, креативных индустрий, с явным доминированием ценностей потребления и развлечения.

Восточноазиатскую модель, основу которой формируют Япония, Южная Корея, Сингапур и Китай, отличает склонность к авторитарному типу принятия решений в том числе в сфере инновационной политики. Ей свойственна коллективистская инновационная культура, значительный уровень развития человеческого потенциала, определяемый, прежде всего, колоссальными государственными инвестициями в национальные центры науки и образования, но в то же время, очевидная склонность к авторитарным методам корпоративного и политического управления, высоким уровнем централизации процесса принятия решений и концентрации властных полномочий. Современные сетевые сервисы парадоксальным образом сочетаются здесь с традиционной иерархической структурой и бюрократической культурой административного государства.

Североевропейскую траекторию инновационного развития можно охарактеризовать в терминах высокой открытости, причем как с точки зрения инфраструктурной доступности для большинства граждан (минимальный цифровой разрыв, по сравнению с другими макрорегионами мира), так и в направлении обеспечения механизмов широкого гражданского участия в политической жизни и процессах принятия управленческих решений. Вторым важным моментом является прочно укорененная инновационная «культура хакерства» (согласно терминологии, предложенной М. Кастельсом [5]), которая базируется на ценностях свободы творческой самореализации личности и стремлении к созиданию. Наконец третья ключевая характеристика - наличие гибкой модели государства благоденствия, исключительно органично вписавшейся в новые условия платформенного капитализма.

Для современной России чрезвычайно важным представляется прояснение и сохранение своей исторической траектории инновационного развития, определяемой как глубинными (ментальными, культурными) факторами, так и социально-историческими (связанными прежде всего с позитивным опытом научно-технологического развития Советского Союза). Эта траектория развития должна быть умело сбалансирована («сшита») с глобальными трендами развития сетевого общества и цифровой экономики.

Литература

1. *Срничек Н.* Капитализм платформ. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. 128 с.
2. *Шваб К.* Четвертая промышленная революция. М.: Изд-во «Э», 2018.- 208 с.
3. *Гринфилд А.* Радикальные технологии: устройство повседневной жизни. Москва: Издательский дом «Дело», 2018. 424 с.
4. *Болдуин Р.* Великая конвергенция: информационные технологии и новая глобализация. М.: Дело, 2018. 416 с.
5. *Кастельс М, Химанен П.* Информационное общество и государство благосостояния: финская модель М.: «Логос», 2002. – 224 с.

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНОЙ ПОЛИТИКОЙ РЕГИОНА (НА МЕТАРИАЛАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Леденёва М.В., Шамрай-Курбатова Л.В.

АНО ВО «Волгоградский институт бизнеса», Россия, г. Волгоград, ул. Качинцев, 63

mledenjova@yandex.ru, shamraylv@yandex.ru

Аннотация: в статье выявлены особенности социальной политики в РФ и в Волгоградской области, рассмотрены проблемы области в социальной сфере и предложены направления их решения. Авторами приведены показатели Волгоградской области, характеризующие уровень и качество жизни ее населения в сравнении с общероссийскими показателями.

Ключевые слова: социальная политика, социальная защита, Волгоградская область, меры социальной поддержки

Социальная политика – политика государства по формированию жизненного уровня и совершенствованию качества жизни населения, обеспечению определенной части жизненных потребностей жителей определенной территории (страны, региона, города), оказание им социальной поддержки, помощи и защиты. Социальная политика является одним из важнейших факторов социальной привлекательности страны или ее региона как для местного населения, так и для внутренних и внешних мигрантов.

В период социальных преобразований в политике регионов важнейшее значение приобретает социальная защита, что связано с тяжелейшим кризисом в области социальной политики, что отражается на физическом, моральном, материальном, демографическом, экономическом, социальном состоянии населения регионов России [1, с. 119].

Согласно статье 5 Федерального закона от 17 июля 1999 г. № 178-ФЗ, размеры, условия и порядок назначения и выплаты государственной социальной помощи определяются органами государственной власти субъектов Российской Федерации. В настоящее время социальную политику РФ можно охарактеризовать следующим образом:

1) значительная дифференциация субъектов РФ по объему социальных трансфертов, которая не сглаживает, что было бы логично, а еще более усиливает огромную дифференциацию населения по доходам.

2) Меры социальной поддержки краткосрочны и нацелены, прежде всего, не на повышение уровня и качества жизни населения, а на снижение расходов или рост доходов государственного бюджета в более или менее отдаленном будущем (например, меры, стимулирующие рождаемость, меры социальной поддержки опекунам и попечителям и др.) либо на повышение лояльности населения отдельных субъектов РФ.

3) Финансирование мер социальной поддержки по отдельным направлениям развиты крайне неравномерно. Так, например, при достижении заметного прогресса в отношении поддержки инвалидов и семей с детьми до 1,5 лет игнорируется адекватная поддержка безработных, долгое время практически полностью были лишены социальной поддержки семьи с детьми старше 1,5 лет (исключая Москву).

4) Оказание поддержки из бюджетов всех уровней основывается на принципах адресности и нуждаемости (причем критерии нуждаемости крайне низкие, особенно в бедных субъектах РФ), что, во-первых, более чем странно для страны, входящей в пятерку крупнейших теневых экономик мира, во-вторых, лишает мер социальной поддержки бедные семьи, допуская их лишь для семей, находящихся в крайней нищете, и в-третьих, препятствует повышению экономической активности получателей денежных выплат либо направляет эту активность в теневую экономику, т.к. небольшой прирост дохода может в итоге лишить субъекта гораздо более значительных мер социальной поддержки, поскольку субъект уже не будет иметь на них право как не соответствующий критериям нуждаемости.

5) Крайне низкие социальные стандарты (величина МРОТ, прожиточный минимум, нормы обеспеченности жильем, с 2007 г. согласно ТК РФ допускается величина оклада меньше МРОТ и др.), не соответствующие уровню экономического развития страны, ее показателям ВВП на душу населения и ИЧР.

6) Меры социальной поддержки семей с детьми представлены в основном разовыми пособиями, ощутимые ежемесячные выплаты предоставляются лишь на детей до полутора или трех лет и увязаны с уровнем среднедушевого дохода.

Все вышеперечисленное стало важным фактором «стягивания» населения РФ в г. Москву, Московскую области и г. Санкт-Петербург и сокращения человеческого капитала других субъектов РФ как в количественном, так и в качественном аспекте.

В Волгоградской области за реализацию функции социальной защиты населения отвечает Комитет социальной защиты населения Волгоградской области. Комитет социальной защиты населения Волгоградской области является органом исполнительной власти Волгоградской области, уполномоченным в сфере государственной семейной политики, государственной политики по социальной поддержке и социальному обслуживанию пенсионеров, ветеранов, инвалидов, малоимущих граждан, граждан пожилого возраста, семей с детьми, несовершеннолетних и других категорий граждан, нуждающихся в государственной социальной поддержке или помощи на территории Волгоградской области [2].

Как следует из табл. 1, в Волгоградской области доля социальных расходов на душу населения ниже среднероссийского показателя и составляет не более 2/3 – ¾ от его величины. Примерно такое же соотношение наблюдается и по показателю величины среднедушевых доходов населения, по которому Волгоградская область в 2017 году заняла 72-е место среди регионов России; величина среднедушевого дохода в Волгоградской области составила 21724 руб., или 68 % от среднероссийского уровня [рассчитано авторами по: 3, с. 190], причем по сравнению с 2015 г. данное соотношение ухудшилось. По показателю отношения денежных доходов населения к стоимости фиксированного набора потребительских товаров и услуг в 2017 году(1,59) Волгоградская область заняла 70-е место из 85 субъектов РФ, при этом данный показатель ухудшился по сравнению с 2016 г. (1,68; 64-е место) [4]. В связи с такими обстоятельствами грамотная и эффективная реализация социальной политики является необходимой [5].

Таблица 1.Динамика социальных расходов консолидированного бюджета субъектов РФ

Годы	**Социальные расходы в Волгоградской области, млн. руб.**	**Социальные расходы на душу населения в Волгоградской области, руб.**	**Социальные расходы субъектов РФ, млрд. руб.**	**Социальные расходы субъектов РФ на душу населения, руб.**	**Доля социальных расходов на душу населения в Волгоградской области. в % от средней величины по субъектам РФ**
2005	3798,3	1,43	336,0	2,35	61
2010	15763,8	6,04	1167,3	8,17	74
2011	15600,3	6,01	1191,6	8,33	72
2012	15794,6	6,11	1273,8	8,89	69
2013	16042,4	6,24	1312,5	9,14	68
2014	19446,9	7,60	1473,3	10,07	76
2015	19320,1	7,58	1497,1	10,22	74
2016	28876,4	11,39	1654,4	11,27	101
2017	26977,7	10,70	2207,6	15,03	71

Источник: рассчитано автором по данным [3, с. 39, 970-987]

К сожалению, в последние годы в социальной политике Волгоградской области наблюдаются негативные тенденции. В декабре 2015 г. в Волгоградской области был принят «Социальный кодекс Волгоградской области», который в условиях экономического кризиса и снижения реальных доходов населения значительно ограничил количество людей, имеющих право на меры социальной поддержки. Так, например, компенсация части родительской платы за присмотр и уход за детьми в детских садах раньше предоставлялась всем семьям, а сейчас - только «малоимущим», т.е. среднедушевой доход в которых меньше величины прожиточного минимума. В городах Волгограде и Волжском была отменена 50%-ная льгота по оплате детского сада для многодетных семей, которая затем была восстановлена в Волгограде, но так и не восстановлена в Волжском. Социальная поддержка ветеранов труда оказывается теперь лишь тем гражданам, доход которых не превышает полуторной величины прожиточного минимума.

Семьи с одним ребенком и двумя детьми старше трех лет, доход которых хотя бы на один рубль превышает установленный прожиточный минимум, не получают в Волгоградской области никакой государственной поддержки, многодетные семьи с детьми старше трех лет, доход которых выше прожиточного минимума, могут рассчитывать лишь на ежеквартальное пособие 289 руб. на одного ребенка (данное пособие много лет не индексировалось), ежемесячную дотацию на оплату жилищно-коммунальных услуг многодетным семьям (1514 руб.), а многодетные семьи с детьми 6-17 лет получают также ежегодную выплату к школе в размере 1107 руб. Помимо этого, детям из

многодетных семей частично субсидируется питание в школе. Таким образом, можно констатировать чрезвычайно слабый уровень поддержки многодетных семей в Волгоградской области.

В Волгоградской области прекращена деятельность молочных кухонь. В настоящее время на детей до 1,5 лет выдаются лишь молочные смеси и только по медицинским показаниям (например, дефицит веса, низкий уровень гемоглобина у ребенка).

Необходимо возрождать производство на остановившихся промышленных гигантах Волгоградской области, привлекая инвестиции, создавать качественные рабочие места в сельском хозяйстве, промышленности и сфере услуг, развивать инфраструктуру и транспортное сообщение. Необходимо включить в орбиту социальной политики семьи с детьми старше трех лет, увеличив порог нуждаемости с одного до двух прожиточных минимумов при предоставлении различных мер социальной поддержки, включая компенсацию части родительской платы за присмотр и уход за детьми в детских садах, предоставление питания в школах, путевок в детские оздоровительные лагеря. Нужно открывать большее количество бесплатных кружков для детей, центров молодежного инновационного творчества, кружков робототехники, 3-D моделирования. Следует отметить, что хотя количество таких кружков в последние годы и увеличилось, к сожалению, тенденция такова, что они все чаще переводятся на платную основу, становясь недоступными для многих семей. Рекомендуется внедрить ежемесячные ваучеры на предоставление детям услуг дополнительного образования, включая курсы по подготовке к ЕГЭ и ОГЭ, оплачиваемые Администрацией области и муниципалитетами (возможно на условиях софинансирования с родителями). Недопустимо привлекать средства родителей на ремонт групп в детских садах и классов в школах, который в Волгоградской области сейчас во многом осуществляется за счет средств родителей. Чтобы регион стал более привлекателен для молодежи, необходимо субсидирование молодых и многодетных семей для приобретения жилья.

Обращает на себя внимание крайне низкий уровень пособий на детей в Волгоградской области. Если за рубежом «размер выплат на ребенка, как правило, не превышает 10% средней зарплаты» [6, с. 18], то в Волгоградской области пособие на детей из малоимущих семей составляет 317 руб., это 1,1% от среднемесячной номинальной начисленной заработной платы работников организаций и 2,8% от МРОТ. Едва ли такое пособие может стать ощутимой поддержкой для семьи. С другой стороны, недопустимо повышать размер пособия за счет сокращения числа его получателей путем дальнейшего ужесточения критериев его выдачи (а тем более, если такие критерии будут работать в направлении демотивации к труду, например, в случае, если при наличии приусадебного участка, домашней птицы и т.п. семье будет отказано в назначении мер государственной поддержки).

Таким образом, характерные черты социальной политики РФ в полной мере проявляются в Волгоградской области. Особенностями социальной политики Волгоградской области является крайне низкий порог нуждаемости для семей с детьми, оставляющий множество действительно нуждающихся в поддержке семей без таковой поддержки, и крайне низкое количество бесплатно оказываемых семьям, имеющим детей, услуг по сравнению с другими субъектами РФ, как и малое количество семей, которые могут воспользоваться данными услугами (кружки, питание в школе, проезд, оздоровление в детских лагерях и др.). Такая социальная политика является одним из факторов оттока молодежи и семей с детьми в более перспективные регионы РФ и нуждается в серьезной корректировке.

Литература

1.Надуткина И.Э., Компаниец С.А. Социальная защита как важнейшая составляющая социальных преобразований в политике регионов: возможные риски. Humanities, Social Sciences and Environment Conference: materials of the I international research and practice conference November 30h , 2016, Milan, Italy: Scientific public organization « Professional science», 2016. 182 p.

2. Комитет социальной защиты населения Волгоградской области. URL: https://uszn.volgograd.ru/about/authorities/ (дата обращения: 29.06.2019 г.)

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. / Росстат. – М., 2018. – 1162 с. Инфографика / РИА Рейтинг. – URL: http://www.riarating.ru/ (дата обращения: 29.06.2019 г.)

4. Головко К.Г. Региональная политика социальной поддержки граждан: опыт Волгоградской области // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. XXXV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 24(35). URL: https://sibac.info/archive/meghdis/24(35).pdf (дата обращения: 29.06.2019)

5. Андреева Е.И., Бычков Д.Г., Феоктистова О.А. Об адресности бюджетных мер в сфере социальной поддержки населения // Финансы. – 2015. - № 8. - С. 15-21.

СИСТЕМА ОНТОЛОГИЙ САМОРАЗВИВАЮЩИХСЯ ПОЛИСУБЪЕКТНЫХ СРЕД ГИБРИДНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Лепский В.Е.

Институт философии РАН, Россия, г. Москва, ул. Гончарная д.12/1

Lepsky@tm-net.ru

Аннотация: Дано определение онтологий для саморазвивающихся полисубъектных (рефлексивно-активных) сред гибридной реальности. Представлены исходные основания для создания системы онтологий и состав онтологий. Описана обобщенная структура функций системы онтологий саморазвивающихся полисубъектных (рефлексивно-активных) сред.

Ключевые слова: онтология, саморазвивающиеся полисубъектные среды, гибридная реальность, ситуационные центры.

Введение

Развитие цифровой реальности с элементами искусственного интеллекта связано с интеграцией этой реальности с разнообразными типами субъектной реальности. Стихийно формируется неуправляемая среда гибридной реальности, с непредвиденными вызовами и угрозами. Для организации контролируемых обществом процессов создания гибридных сред необходима разработка качественно новых моделей развития, в которых обеспечивается гармония субъектов развития в условиях гибридной реальности. С учетом опыта разработки крупномасштабных автоматизированных систем организационного управления страной [1], современных достижений философии науки [2], а также под влиянием ряда междисциплинарных идей и гуманитарных концепций нами предложена модель саморазвивающихся полисубъектных (рефлексивно-активных) сред гибридной реальности [3, 4].

Обобщенная модель саморазвивающейся рефлексивно-активной среды представляется нами через многоуровневую структуру мировоззренческого, концептуального, технологических уровней и уровня реализации [1].

Мировоззренческий уровень задает базовые ценности, систему базовых мировоззренческих принципов, инструменты соотнесения с другими типами базовых моделей организации социально-экономических систем и организации разнообразных форм жизнедеятельности.

Концептуально-методологический уровень задает: систему базовых методологических принципов и систему онтологий организации саморазвивающихся рефлексивно-активных сред (в условиях гибридной реальности: субъектной, цифровой, физической); систему критериев оценки жизнедеятельности и развития субъектов и среды в целом.

Технологический уровень состоит из двух подуровней: концептуально-технологического и инструментально-технологического. Концептуально-технологический уровень включает: технологии обеспечения включенности общества в процессы управления и развития; технологии субъектно-ориентированных моделей и информационных платформ, технологии обеспечения рефлексивных процессов; технологии организации гибридной реальности саморазвивающихся рефлексивно-активных сред; технологии связи этого уровня с инструментально-технологическим уровнем, в частности, связи субъектно-ориентированных и объектно-ориентированных моделей и др. Инструментально-технологический уровень включает технологии организации цифровой реальности, технологии искусственного интеллекта, технологии организации объектно-ориентированных моделей и др.

Реализационный уровень включает практический опыт организации саморазвивающихся полисубъектных сред и других моделей и его анализ в интересах развития.

В данной работе мы рассмотрим систему онтологий саморазвивающихся полисубъектных сред, которая задает взаимосвязанные механизмы управления и развития от устоявшихся форм деятельности до стратегического целеполагания. Одновременно эта система онтологий определяет точки, функции и механизмы включенности общества в процессы управления и развития. В контексте организации сред гибридной реальности важно отметить также роль системы онтологий в конвергенции и интеграции различных форм реальности. Такое представление о системе онтологий позволяет их рассматривать как инструмент институционализации саморазвивающихся полисубъектных сред.

1 Исходные основания

1.1 К определению понятия онтология в саморазвивающихся полисубъектных средах

Понятие «онтология» имеет богатый спектр представлений как в философии, так и в современных подходах к искусственному интеллекту, организации знаний и цифровой реальности.

Под онтологией мы будем понимать бытие специализированных наблюдателей-акторов саморазвивающихся полисубъектных (рефлексивно-активных) сред, представляемое в полноте и единстве разнообразных видов реальности (субъектной, физической, цифровой, виртуальной и др.).

«Наблюдателями-акторами» могут быть субъекты различных типов, искусственные активные элементы, а также интегрированные образования на основе естественного и искусственного интеллекта.

Принципиально важно, что рассматриваются не «наблюдатели», а «наблюдатели-акторы». Это обусловлено тем, что наблюдение неразрывно связано с действием. Восприятие любого объекта обусловлено возможностями задания его движений со стороны наблюдателя, а также от специфики проявления разнообразных форм активности субъекта (деятельностной, коммуникативной, рефлексивной). Мы исходим из представления о динамическом, а не о статическом восприятии объектов. Подтверждением этих соображений служат многочисленные исследования в разных областях знаний, например, в психологии восприятие неразрывно связано с действием. Систему онтологий мы определяем как совокупность взаимосвязанных онтологий, различающихся по формам бытия и составу наблюдателей-акторов. Система онтологий охватывает многообразие взаимосвязанных процессов жизнедеятельности и развития полисубъектных сред. С четкой фиксацией продуктов обмена (нормы, средства, знания и др.) и коммуникаций между онтологиями.

1.2 Исходные основания для разработки системы онтологий

Выделим наиболее значимые исходные положения для разработки системы онтологий:

- методологические основания постнеклассической научной рациональности;
- методология и технологии сборки субъектов саморазвивающейся среды в целостного макро-субъекта;
- методология и технологии интеграция индивидуального, коллективного и социального опыта в интересах управления и развития;
- комплекс базовых видов деятельности для управления и развития социальными системами: поддержка устоявшихся видов деятельности; разрешение проблемных ситуаций, преодоление точек разрыва деятельности и коммуникаций; установление стратегических целей и разработка стратегии; передача внешнего опыта в совершенствование механизмов управления и развития; обеспечение внедрения инновационных проектов;
- культура консолидации и совместной работы представителей администрации, бизнеса, общественных организаций и граждан;
- методы обеспечения рефлексивных процессов в управление и развитии и др.

В соответствии с этими исходными положениями можно выделить основные типы базовых позиций наблюдателей-акторов, бытие и взаимодействие которых задают систему онтологий саморазвивающейся рефлексивно-активной среды.

2 Система онтологий

2.1 Состав онтологий

Предлагается пять базовых онтологий для саморазвивающихся рефлексивно-активных сред [1]:

- *«сопровождение»* устоявшихся видов деятельности (коммуникаций) и их субъектов.
- *«поддержка»* субъектов в точках разрыва устоявшихся видов деятельности (коммуникаций) и воспроизводства их субъектов.
- *«развитие»* устоявшихся видов деятельности (коммуникаций) и их субъектов.
- *«конструирование»* новых видов деятельности (коммуникаций) и новых субъектов.
- *«внедрение»* инновационных проектов новых видов деятельности (коммуникаций) и новых субъектов.

Предложенные онтологии не являются альтернативными, более того, они дополняют друг друга и задают систему онтологий субъектов саморазвивающейся рефлексивно-активной среды.

2.2 Функции и взаимные связи онтологий

Обобщенная структура функций в онтологической системе саморазвивающихся рефлексивно-активных сред представлена в таблице 1.

Таблица 1. Обобщенная структура функций онтологий саморазвивающихся рефлексивно-активных сред

Онтологии	Функции
Сопровождение	Контроль устоявшихся видов деятельности и коммуникаций, выявление трудностей и их оперативное преодоление. Если трудности не могут быть преодолены, они превращаются в «точки разрыва» и данные передаются в онтологию «Поддержка» для преодоления «точек разрыва» деятельности и коммуникаций.
Поддержка	Решение проблем в «точках разрыва» устоявшихся видов деятельности и коммуникаций и преодоление этих нарушений. Накопление нерешенных проблем и их перевод в онтологию «Развитие».
Развитие	Стратегическое целеполагание в сотрудничестве со всеми онтологиями. Включение в процессы стратегического целеполагания ключевых представителей администраций, бизнеса и общества, сборка субъектов развития. Координация стратегического целеполагания данной среды с другими средами. Формирование процессов проектной идентификации общества на основе стратегического целеполагания.
Конструирование	Анализ опыта внешних (других) сред и изучение возможности его использования в своей среде. Анализ проблем, угроз, тенденций. Перевод данных в онтологию «Развитие» для стратегического целеполагания. Создание проектов (стратегий) на основе результатов стратегического целеполагания, полученных из онтологии «Развитие».
Внедрение	Анализ рисков стратегий и проектов для реализации результатов стратегического целеполагания. Анализ последствий результатов стратегического целеполагания и разработанных стратегий. Разработка мер по нейтрализации негативных последствий. Анализ готовности среды к вариантам стратегического целеполагания, передача результатов в онтологию «Развитие». Анализ готовности среды к реализации проектов (стратегий) развития, перенос результатов в онтологию «Конструирование». Обеспечение реализации проектов, полученных из онтологии «Конструирование». Обновление для новых стратегий и проектов информационных и технологических платформ, а также функциональных и вспомогательных подсистем.

В последние годы предпринимаются попытки исследовать возможности использования системы предложенных онтологий саморазвивающихся полисубъектных сред для совершенствования Системы Распределенных Ситуационных Центров страны [5, 6].

Литература

1. *Лепский В.Е.* Концепция субъектно-ориентированной компьютеризации управленческой деятельности. – М.: Институт психологии РАН, 1998. – 204 с.
2. *Степин В.С.* Теоретическое знание. – М.: Прогресс-Традиция, 2003. – 744 с.
3. *Лепский В.Е.* Рефлексивно-активные среды инновационного развития. – М.: Когито-Центр, 2010. – 280 с.
4. *Lepskiy Vladimir*. Evolution of cybernetics: philosophical and methodological analysis. Kybernetes, Vol. 47. 2018, Issue: 2. – P. 249–261.
5. Авдеева З.К., Барышников П.Ю., Журенков Д.А., Зацаринный А.А., Ильин Н.И., Колин К.К., Лепский В.Е., Малинецкий Г.Г., Райков А.Н., Савельев А.М., Сильвестров С.Н., Славин А.Б., Славин Б.Б. Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития / Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. Райкова. – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 с.

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Макаров В.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
makfone@mail.ru,

Фролов Е.Б., Паршина И.С.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Россия, г. Москва, Вадковский пер., д.3а
fobos.mes@gmail.com, skyla95@rambler.ru,

Ушакова М.В.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 4
UshakovaMV@misis.ru

Аннотация: Рассмотрена концепция цифрового двойника. Раскрыто понятие цифрового двойника и его уровни. Предложена методология разработки, содержащая три шага: разработка диаграмм на языке SysML, применение AnyLogic в качестве инструмента для имитационного моделирования и использование MES для связи с производственными системами.

Ключевые слова: цифровой двойник, имитационное моделирование, SysML, цифровой прототип, AnyLogic, MES.

Введение

Цифровой двойник - это виртуальная модель системы, процесса или услуги, что означает возможность наличия цифровых двойников как у продукта или фабрики, так и у бизнес-услуги.

Цифровой двойник позволяет осуществлять мониторинг систем и процессов в режиме реального времени и своевременно анализировать данные для предотвращения проблем до их возникновения, составлять график профилактического обслуживания, сокращать/предотвращать простои, открывать новые возможности для бизнеса и планировать будущие обновления и новые разработки. В то время как виртуальные модели, как правило, являются общими представлениями системы, части или семейства частей, цифровой двойник представляет собой экземпляр. Технология цифровых двойников предоставляет возможности для снижения затрат на проверку и тестирование системы, обеспечивая при этом своевременную оценку поведения системы [1].

1 Уровни создания цифрового двойника

1.1 «Доцифровой» двойник

«Доцифровой» двойник – это классический виртуальный прототип, который создается во время предварительной разработки. Его основной задачей является уменьшение технических рисков и выявление проблем при начальном проектировании.

Виртуальный прототип в основном используется для проверки определенных ключевых решений о системе и снижения конкретных технических рисков на ранних стадиях процесса проектирования.

1.2 Цифровой двойник

Цифровой двойник – это модель виртуальной системы, которая способна включать в себя данные о производительности, работоспособности и обслуживании физического двойника. У физического двойника есть возможность использовать знания от цифровых двойников для улучшения своих характеристик во время работы в режиме реального времени.

На данном этапе цифровой двойник подвергается всевозможным испытаниям для определения поведения физического двойника в различных сценариях «что, если». Любые недостатки, выявленные при испытаниях на цифровом двойнике, используются для проведения корректировочных мероприятий на физическом двойнике.

1.3 Адаптивный цифровой двойник

Адаптивный цифровой двойник предлагает адаптивный пользовательский интерфейс для физических и цифровых двойников. Ключевым преимуществом данного цифрового двойника является его способность изучать предпочтения и приоритеты людей-операторов в разных контекстах.

Этот цифровой двойник может поддерживать планирование в режиме реального времени и принятие решений во время операций, технического обслуживания и поддержки.

1.4 «Умный» цифровой двойник

«Умный» цифровой двойник обладает всеми характеристиками адаптивного цифрового двойника. Кроме того, он обладает возможностью самостоятельного машинного обучения в качестве распознавания объектов и шаблонов, встречающихся в операционной среде, а также данный он настроен на особое изучение системы и состояний среды в условиях неопределенности и неполного наблюдения.

2 Разработка цифровых двойников

2.1 SysML как основа для создания цифровых двойников

SysML является графическим языком моделирования общего назначения, который поддерживает анализ, спецификацию, дизайн, верификацию и валидацию сложных систем.

В состав SysML входит 9 диаграмм: диаграмма пакетов, диаграмма требований, диаграмма действий, диаграмма последовательности, диаграмма состояний, диаграмма прецедентов, диаграмма, внутренняя блок-схема, параметрическая диаграмма [2].

Язык SysML может быть использован на каждом уровне детализации системы и помогает инженерам сосредоточиться на дизайне, а не на традиционной иерархической сложности документов и чертежей [3].

2.2 Имитация как основа технологии цифровых двойников

Имитационное моделирование – это численный метод исследования сложных систем, элементы которых описаны разнородным математическим аппаратом и объединены некой связующей моделью, которую иногда называют информационной.

Когда заходит речь о применении имитационного моделирования для создания цифровых двойников появляется необходимость рассмотрения нескольких параллельных задач.

Первая из них связана с получением данных, которые снимаются с реального объекта и необходимы для проведения виртуального моделирования на реальных объектах.

Второй задачей является принятие решения по рациональности использования универсального программного средства для построения имитационных моделей, так как в некоторых случаях наиболее правильным решением может быть индивидуальная разработка имитационной модели.

Третья задача возникает из практических наблюдений, которые показывают, что наиболее эффективными являются те цифровые двойники, которые используются теми областями, которые могут быть описаны формализованными методами, а именно через математические модели и термины, однако технология цифровых двойников создавалась для использования во всех областях [4].

Одним из признанных инструментов для реализации имитационной модели в рамках создания цифрового двойника является AnyLogic, которая является мощной и гибкой средой моделирования.

2.3 Связь MES-систем и цифровых двойников

MES-система предназначена для моделирования и управления внутрицеховыми материальными потоками в диспетчерском контуре управления. Современная MES предназначена для работы как с современными интерфейсами IoT, так и для подключения к устаревшему оборудованию, что позволяет ей насыщать огромный объем данных смыслом и согласованностью. В данном случае MES-система работает как промежуточный слой-переводчик, который превращает поток данных в ценную информацию пригодную для принятия стратегических решений.

Для оценки эффективности цифрового производственного процесса используют два численных показателя: коэффициент OEE (Overall Equipment Effectiveness), коэффициент MCE (Manufacturing Cycle Effectiveness).

Анализ поведения «цифровой модели» производственной системы производится через коэффициент OEE, а именно происходит измерение доли планируемого производственного времени, которое необходимо для изготовления детали без учета незавершенного производства.

Формула для расчета коэффициента OEE (1):

$$(1) \quad OEE = K_{\text{вр}} * K_{\text{пр}} * K_{\text{кач}} = \frac{\sum_j \left[\Phi_{\text{вр}_j} - \text{Пр}_j\right]}{\sum_j \left[\Phi_{\text{вр}_j}\right]} * \frac{\sum_i [T_i * \text{Вып}_i]}{\sum_j \left[\Phi_{\text{вр}_j} - \text{Пр}_j\right]} * \frac{\sum_i [T_i * (\text{Вып}_i - \text{Б}_i)]}{\sum_i [T_i * \text{Вып}_i]}$$

Здесь $К_{вр}$ – коэффициент времени (доступность), $К_{пр}$– коэффициент производительности (эффективность работы), $К_{кач}$ – коэффициент качества (уровень качества), j – количество единиц оборудования, $Ф_{вр_j}$– фонд времени работы j-ой единицы оборудования (время рабочей смены), $Пр_j$ – простой j-ой единицы оборудования, в том числе плановые (ППР, наладка и пр.), i – количество

продуктов, производимых на данной единице оборудования, T_i – такт выпуска i-ого продукта, $Выр_i$ – количество изготовленного i-ого продукта в течение $Ф_{вр}$, $Б_i$ – количество брака i-ого продукта изготовленного в течение $Ф_{вр}$, $\sum_j \left[Ф_{вр_j} - Пр_j\right]$ – время, имеющееся для выпуска продукции на j-ой единице оборудования, $\sum_i [T_i * Выр_i]$ – количество времени, потраченного на производство продукции, $\sum_i [T_i * (Выр_i - Б_i)]$ – количество времени, потраченного на производство годной продукции.

Второй показатель, который описывает цифровую модель производства – это коэффициент MCE, который является отношением трудоемкости технологических операций, которые выполняются при обработке изделий, к времени пребывания этих изделий в соответствующих производственных подразделениях.

Расчет коэффициента MCE по формуле (2):

(2) $$MCE_{ik} = \frac{T_{ik} * Выр_{ik}}{\sum_j Фвр_j},$$

Здесь $Выр_{ik}$ – выработка k-ого производственного участка по деталям, входящим в i-й продукт, T_{ik} – такт выпуска i-ой продукции на участке k, $Фвр_j$ – фонд времени работы j-ой единицы оборудования.

Из этого следует, что коэффициент OEE характеризует плотность загрузки оборудования, которое моделируется в цифре, а коэффициент MCE является характеристикой динамики материального потока в цифровом двойнике производственной системы [5].

Заключение

Применение цифровых двойников для оптимизации деятельности на предприятиях позволит им повысить свою эффективность через снижение затрат на ремонт, сокращение времени работы с информацией, снижение числа дефектов и т.д. В рамках данного доклада предлагается рассмотрение цифровых двойников через их разделение на 4 уровня (4 стадии создания), каждый из которых отличается друг от друга точностью модели и функциональными возможностями.

В качестве методики разработки предлагается использование языка SysML как графического языка моделирования для описания цифрового двойника, в зависимости от выбора сложности реализации. Вторым этапом возможно использование AnyLogic для разработки имитационной модели. А связующим звеном между разработанным цифровым двойником и остальными системами предприятия предлагается использовать MES-систему, так как она обладает требуемыми техническими возможностями и позволяет рассчитывать требуемые экономические показатели.

Литература

1. Azad M. Madni, Carla C. Madni and Scott D. Lucero Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering // Systems 2019, 7, 7, DOI:10.3390/systems7010007

2. Friedenthal S., Moore A., Steiner R. A Practical Guide to SysML The Systems Modeling Language 2-d ed/ /Sanford Friedenthal, Alan Moore, Rick Steiner, 2012 Elsevier Inc

3.FORGING THE DIGITAL TWIN IN DISCRETE MANUFACTURING. A Vision for Unity in the Virtual and Real Worlds // LNS Research. 2018 4.
URL:https://ifwe.3ds.com/sites/default/files/Forging%20the%20Digital%20Twin%20in%20Discrete%20Manufacturing.pdf (режим доступа 28.05.2019)

5. Петров А.В. Имитационное моделирование как основа технологии цифровых двойников // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10. С. 56–66. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66

6. Фролов Е.Б., Паршина И.С., Зайцев А.С., Климов А.С. Индустрия 4.0: «Цифровой двойник» как средство повышения эффективности производственной системы / Фролов Е.Б., Паршина И.С., Зайцев А.С., Климов А.С. // Наукоемкие технологии в машиностроении, - 2019. - № 2 (92). – с. 42-48

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА В ПСИХОМЕТРИИ

Михайлова О.Р.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

oxanamikhailova@gmail.com

Аннотация: В этой статье анализируется психометрический научный дискурс для того, чтобы выяснить значение сетевого анализа в нем. Эмпирической базой служат статьи, опубликованные за последние 3 года в журналах и главы книг, которые индексируются в базах научного цитирования Scopus и WoS.

Ключевые слова: сетевой анализ, психометрия, социальные сети.

Введение

Психометрические исследования играют значимую роль в современной доказательной медицине: они помогают оценить результаты психологических тестов [1]. Выступая в качестве легитимирующего механизма для психологии, психиатрии и медицины, психометрия остается спорной с точки зрения своих эпистемологических оснований [2]. Д. Митчелл даже называет психометрию патологической наукой, потому что это направление не подвергает сомнению возможность квантификации психологических феноменов [3]. Борсбум и Меленбург, стремясь показать не патологичность психометрии, предлагают item-response модели как конкурирующую доминирующей в психометрии вероятностной логике и демонстрируют, что аргументы Митчелла, не могут в полной мере дискредитировать всю психометрию [4]. На близость к нормальной науке психометрии указывает и тот разнообразный круг тем, который изучается ее представителями: зависимости, старение, ментальные расстройства, измерение IQ, когнитивные дефекты, эмоциональные исследования, самооценка, гендерные исследования, процедуры лечения и многие другие (анализ ключевых слов базы данных Scopus). Кроме того, за годы существования в психометрии устоялся ряд стабильных для нее вопросов: внутренняя валидность, тест-ретест надежность, связная надежность, контентная валидность, критериальная валидность, конструктная валидность, внешняя и внутренняя валидности [1].

Принимая во внимание внешнюю успешность психометрии, которую можно вывести из количественных показателей: роста числа публикаций, расширения методологических инструментов, привлекаемых к исследованиям, остается не ясным, насколько эти новые инструменты и теории, которые подключаются к психометрии - функциональны. То есть не понятно, позволяют ли они простроить более плотные и прозрачные отношения между математическими и психологическими системами, либо же исключительно применяются для иных целей, например, для повышения статуса различного рода социально-политических решений, или же воздействия на потоки средств, выделяемых на исследовательские проекты.

Сетевой анализ – является одним из упомянутых новых инструментов психометрии. В этой работе нам хотелось бы понять зачем психометрии сетевой анализ, что это теоретико-методологическое средство делает в теле психометрического дискурса, мы не останавливаемся на отдельном тематическом сегменте, как это сделано, например, в работе Макнелли, где обсуждается применение психометрии в психопатологии [5]. Изучение роли сетевого анализа в психометрическом дискурсе, может стать подспорьем для выдвижения предположений относительно работы других методов, которые вовлекаются в психометрические исследования. Для того, чтобы ответить на поставленный вопрос, в этой работе мы проанализировали пул статей за последние 3 года в таких базах научного цитирования как Scopus и Web of Science, всего было рассмотрено более 100 статей. Далее мы кратко изложим результаты нашего анализа, останавливаясь на темах, методах и данных, которые фигурируют в сетевых психометрических исследованиях.

1 Тематические направления применения сетевого анализа в психометрических исследованиях

Психометрические исследования, в которых применяется сетевой анализ, сконцентрированы вокруг следующих тематических направлений: зависимость, дружба, доверие, агрессия, лидерство, изучение малых групп, социальная идентичность, отношения в организации, коммуникация, старение и геронтология, личность, нарциссизм, депрессия и тревожность, алекситимия, самоповреждение, ПТСР, пищевые расстройства, гендерная дисфория, бессонница, аутизм и ОКР, гиперактивность, когнитивные расстройства, энцефалит, эпилепсия и терапевтическая практика (Таблица со всеми, проанализированными статьями и примерами классификаций находится

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1eynttRhAqxLaL7NesiYeJuDlj_hVuPevSeG_h8-RLg4/edit?usp=sharing).

Мы можем сделать вывод, что в этих областях, психометристы используют сетевой анализ по следующим причинам: сложная структура концепта, которую хочет измерить исследователь, требующая глубокого изучения природы этого концепта, другой причиной может быть желание протестировать гипотезы зависимости психологических характеристик человека от социальной структуры групп. Изучение структур помогает психометрии показать наличие разного рода связей между социальным окружением и ментальным состоянием человека.

2 Методологические ресурсы сетевого анализа, которые используются в психометрических исследованиях и данные, которые подвергаются анализу в психометрических исследованиях

В психометрических сетевых исследованиях применяется визуальный качественный анализ и описательный сетевой анализ, анализ диад и триад, ERGM, SIENA, SAB, регрессионный анализ с сетевыми индикаторами и Баесовы сети. Размах используемых методов варьируется по степени простоты. В проанализированных нами статьях используются корреляционные сети, сети между темами и концептами, сети между регионами мозга и нейроструктурами и социометрические сети [6–9]. Исходя из используемых психометриками данных, можно заключить, что они, в основном, осуществляют дополнительную подготовительную работу, чтобы получить реляционные данные, они используют переменные как узлы (симптомы, факторы). Однако, есть и другая группа исследователей в поле, которые смотрят непосредственно на людей, они относятся к людям как к узлам, а к отношениям между ними как к связям.

Заключение

В этой работе, мы изучаем психометрическое научное поле для того, чтобы выяснить роль сетевого анализа в современных психометрических исследованиях. К этой идее нас подтолкнула неоднозначность эпистемологии, лежащей за психометрией.

По итогам анализа психометрических статей, мы выяснили, что сетевой анализ используется для того, чтобы уменьшить трудности, связанные со сложной, иногда даже латентной структурой концептов, или структурной детерминированностью некоторых процессов. Сети, в целом, помогают отражать коллективный характер ментальных состояний. Данные, которые выступают объектом анализа обычно собираются с FMRI, или создаются во время терапевтических сессий, через корреляционные сети осуществляется констурирование сетей между симптомами, диагнозами и синдромами и анализ социометрических данных.

Из проведенного исследования становится ясным, что сетевой анализ действительно работает как пластилин, помогающий, укрепить исследовательские теории в психологии, подводя под них эмпирическую основу, демонстрируя коллективность феноменов и закрепляя существующие в теории связи. Кроме того, сетевой анализ в некоторых случаях дает почву для пересмотра сложившихся в психологии теорий, потому что указывает на неописанные до этого связи между теоретическими конструктами. В общем и целом, мы скорее можем согласится с тем, что психометрия, исходя из роли сетевого анализа в ней, показывает себя как не патологическая наука, но поскольку сетевой анализ – это всего лишь один из инструментов психометрии и мы проанализировали только его использование, нам пока сложно однозначно судить о нормальности этой науки. Кроме того, мы понимаем, ограничения эмпирической базы исследования, связанные с языком научной литературы и особенностями индексации в WoS и Scopus.

Литература

1. *Vetter T.R., Cubbin C.* Psychometrics: Trust, but Verify // Anesthesia & Analgesia. 2019. Vol. 128, № 1. P. 176.
2. *Guyon H. et al.* Measurement, ontology, and epistemology: Psychology needs pragmatism-realism // Theory & Psychology. 2018. Vol. 28, № 2. P. 149–171.
3. *Michell J.* Normal science, pathological science and psychometrics // Theory & Psychology. 2000. Vol. 10, № 5. P. 639–667.
4. *Borsboom D., Mellenbergh G.J.* Why Psychometrics is Not Pathological: A Comment on Michell // Theory & Psychology. 2004. Vol. 14, № 1. P. 105–120.
5. *McNally R.J.* Can network analysis transform psychopathology? // Behaviour Research and Therapy. 2016. Vol. 86. P. 95–104.
6. *Chen G. et al.* The association between peer network centrality and aggression is moderated by moral disengagement // Aggressive Behavior. 2018. Vol. 44, № 6. P. 571–580.
7. *Rivkin I. et al.* Cultural values, coping, and hope in Yup'ik communities facing rapid cultural change // Journal of Community Psychology. 2019. Vol. 47, № 3. P. 611–627.

8. *Drakesmith M. et al.* Overcoming the effects of false positives and threshold bias in graph theoretical analyses of neuroimaging data // NeuroImage. 2015. Vol. 118. P. 313–333.
9. *Boessen A. et al.* The built environment, spatial scale, and social networks: Do land uses matter for personal network structure? // Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science. 2018. Vol. 45, № 3. P. 400–416.

СЕТЕВЫЕ ФОРМЫ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Морева Е.Л.

Финансовый университет при Правительстве Российской федерации
г. Москва, Ленинградский проспект д.49
ELMoreva@fa.ru, eu7711460@mail.ru

Аннотация. С освоением цифровых технологий в производстве складываются новые организационные структуры и формируются новое качество экономики. Появление этих структур угрожает целостности хозяйственной системы, в которой они возникают, и задает вызовы политике поддержки и стимулирования перехода к цифровой экономике. Их выявлению посвящена настоящая работа.

Ключевые слова: цифровые технологии; сети, экономика хабов; политика диджитализации.

Введение

Переход к цифровой экономике (переход «на цифру», или диджитализация, хозяйственное освоение цифровых технологий) сегодня относится к числу главных трендов мирового общественно-экономического развития. С ним цифровые формы представления данных превращаются в важнейший фактор производства и удовлетворения потребностей человека и общества. При этом трансформируются и способы хозяйственного взаимодействия, в экономике формируется новое качество, - сетевая экономика, - что задает новые вызовы экономической политике. Их анализу и посвящен настоящий текст тезисов.

1 Сетевая организация как имманентная форма использования цифровых технологий

В настоящее время цифровые преобразования постепенно захватывают все структуры современного производства, преобразуя их на сетевой, имманентной цифре, основе. К важнейшим из которых относятся цепочки стоимости (далее, ЦС).

Их изменения последних по мере освоения цифровых технологий обусловлены, в конечном счете, спецификой организации взаимодействия, которую они предполагают. Сущность этой организации разные группы исследователей трактуют по-разному. Одни обращаются к содержательной части взаимодействия по поводу производства и передачи информации, важной как для субъекта как источника информации, так и для ее реципиента. Другие связывают специфику такой организации с общим усложнением информационных потоков в процессе коммуникации. Вместо однонаправленных, как у К. Шеннона, с переходом на цифру движение информации превращается в дву- и/или многостороннее. Это, в свою очередь, служит основой усиления взаимного характера связей между участниками информационных потоков. С позиции экономикс оно трактуется в призме формирования нового типа блага, - распределенного. В ракурсе экономики культуры речь идет о формировании особого культурного или символического продукта. С позиции организационной науки, - о консолидации и распространении разного рода сетевых организаций: одноранговых (P2P) сетей, multi-linked хабов, открытых сложных систем и т.д.

На наш взгляд, упомянутые выше подходы не являются взаимоисключающими, но на деле эффективно дополняют друг друга, выявляя комплексную природу объекта, необходимость его междисциплинарных исследований.

2 Основные экономические формы сетевой организации цифровых технологий

Это относятся, прежде всего, к изучению наиболее распространенных экономических форм сетевой организации цифровых технологий: цифровым платформам и интегральным цифровым системам. Первые используют преимущественно для обеспечения торговых операций с промежуточной и конечной продукцией, что дает им следующие преимущества:

- упрощает доступ на рынки и оптимизирует расходы (на маркетинг, связь и др.);
- исключает посредников и позволяет укреплять доверие между партнерами;

- вовлекает в торговые операции производителей из отдаленных районов, не способных активно действовать без ЦТ, и способствует их кооперации между собой для проведения разных специальных операций (внешнеторговых и других);
- увеличивает размеры рынков и стабилизирует на них цены;
- стимулирует адаптацию торгуемой продукции к запросам разных рыночных сегментов, включая локальные и региональные;
- способствует совершенствованию навыков организации и управления производством.

Освоение этих возможностей, считается, стимулирует новые запросы к функционалу цифровых технологий (далее, ЦТ), способствует его распространению на сферы логистики, финансирования, страхования, ресурсного обеспечения и производства.

Вместе с тем, требование обеспечения безопасности производства и сбыта торгуемой продукции предполагает крупные размеры хозяйствующих субъектов, их хорошее управление, высокую квалификацию сотрудников и наличие надлежащей инфраструктуры. Отсутствие указанных элементов существенно затрудняет укрепление и распространение данной сетевой структуры.

Казалось бы, эти проблемы снимаются в другой, более сложной форме ЦС, складывающейся на базе более полного освоения ЦТ, - интегральной цифровой системе. Она распространяется все этапы производства и обращения, обеспечивает детальную информацию о рынках ЦС и их инфраструктуре; позволяет участникам анализировать как состояние каждого из них по отдельности, так и вместе.

Однако эта более продвинутая форма освоения современных технологий несет с собой и появление новых ограничений по условиям для их продуктивного использования и распространения. Среди них, - умения организовывать и управлять такими системами и их рисками. Обеспечить это сегодня крайне сложно даже с учетом рекомендаций экспертов, которые предлагают решения, ориентированные на ведущих участников платформы и других их стейкхолдеров в ущерб остальным.

Сказанное заставляет искать способы существенного дополнения нынешних экономико-политических моделей поддержки перехода к цифровой экономике усилиями по предупреждению или преодолению ее негативных последствий. В поисках этого целесообразно обращаться к основам сетевой экономики, одна из перспективных интерпретаций которых называется экономикой хабов.

3 Основы экономики хабов и их критический анализ

Формирование этого понятия опирается на идеи о сетях как организационной форме, в которой ЦТ используют на производстве и создают новые стоимости. Своими корнями этот феномен восходит к фундаментальным законам развития цифры и ее организации, известным как законы об умножении мощностей компьютеров; о положительных обратных связях в сети и ее способности к самовозрастанию и о росте ценности сети с увеличением числа ее связей, узлов и/или пользователей.

Они объясняют усиливающийся рост числа сетей на производстве, увеличение экономии его издержек по мере роста числа участников и сложности (в виде увеличения количества связей и узлов) этих организаций. Благодаря этому у участников появляется больше возможностей для развития, и они быстрее создают новые стоимости по сравнению с другими структурами, не относящимися к сетевым.

Типичной экономической организацией сетевых структур авторы рассматриваемой концепции считают платформы на базе цифры, - цифровые платформы (ЦП). Анализ их распространения в последние годы в разных секторах, ориентирующихся на широкую клиентскую базу, подтверждает преимущества платформ перед остальными.

Вместе с тем исследователи отмечают неравномерность динамики платформ из-за неодинакового положения в них отдельных элементов, формирующихся в узлах их сетей. Среди них выделяются те, которые составляют «узкие места» платформ, - ее т.н. «критические активы» (КА), от воспроизводства которых зависит вся организация на основе сети и ее стейкхолдеры. Эффективное владение и контроль за ними обеспечивает их субъектам важные преимущества перед остальными и особое место в экономике. Обладая КА, они серьезно влияют на движение экономической информации, а с ним и на производство и распределение в сети стоимости.

Такое присвоение позволяет формироваться и укрепляться особым цифровым суперплатформам, - «хабам». Сегодня их примерами служат Alibaba, Baidu, Facebook, Microsoft, Tencent и многие другие платформы. Владельцы их КА контролируют сети в целом, используют их для роста и развития своего бизнеса, его выхода на новые отраслевые и национальные/региональные рынки, а вместе с этим и упрочения собственного положения.

Последнее, в частности, объясняется тем, что, проникая в новые сегменты, хабы сразу получают преимущества перед остальными участниками формирующейся сети, т.к. имеют большие возможности выявить и завладеть ее узкими местами, установить над ними контроль и укрепить свою власть. Симптоматична в этом отношении повышенная активность вышеупомянутых организаций при учреждении в секторах, смежных с теми, в которых хабы уже утвердились, разного рода спин-оффов и старт-апов. Сегодня это, - здравоохранение и связанные с ним области; обрабатывающая промышленность и сельскохозяйственные производства.

Такое укрепление позиций хабов в экономике серьезно влияет на всю ее систему, которую поэтому определяют как экономику хабов. В ней традиционный бизнес со снижающейся отдачей сдает свои позиции сетям, вытесняется ими и оказывается перед угрозой полного исчезновения; на рынках при этом сокращается число игроков, а основная конкурентная борьба разворачивается между несколькими хабами (или крупными платформами) по поводу, прежде всего, темпов освоения сетевого потенциала возрастающей отдачи.

Это оборачивается усилением централизации и монополизации экономики, социально-экономической дифференциации хозяйствующих субъектов внутри и между хабами, непосредственно вовлеченными в них и остальными. В результате возникает серьезная угроза целостности всей общественно-экономической системы в целом, а вместе с тем и потребность поиска путей упреждения и/или преодоления таких эффектов.

Попытки решения данной задачи на уровне государства как института, предназначенного для сохранения целостности общества и экономики пока не получили распространения в практике экономической политики и рекомендациях по ее формированию. В поисках оснований для этого аналитики исходят из нецелесообразности и невозможности воспрепятствовать распространению сетей как органически присущей цифровым технологиям формы их организации с повышенной по сравнению с другими хозяйствующими субъектами эффективностью и закреплению за хабами роль драйвера современной экономики. Поэтому предлагается стимулировать у них изменение их собственных подходов к своей деятельности с учетом ее долгосрочных последствий и необходимости сохранения стратегического баланса между производством и распределением стоимости; установить запрет на деятельность хабов в «особо чувствительных» областях, ввести специальный контроль за конкуренцией платформ; поддерживать формирование альтернативных хабам организаций кооперативного типа.

Но при этом остаются открытыми вопросы об устойчивости изменения хабами своей прежней политики, возможностях эффективной антимонопольной политики государством в отношении сетей, состоятельности альтернативных хабам организаций, а также определении параметров узлов сети и КА, масштабов распространения платформ и другие.

Заключение

Проведенный анализ в целом подтверждает объективный характер и перспективность освоения цифры в сетевых организациях, а также важность дифференцированного стимулирования государством этих процессов в организациях разных типов, без которого эффективность предпринимаемых им усилий окажется низкой.

В связи с этим следует также учитывать социально-экономические последствия распространения и консолидации платформ в виде формирования нового типа хозяйствующих субъектов, вызывающих сильную дифференциацию в обществе и экономике.

Все это целесообразно принимать к сведению при усовершенствовании и реализации соответствующей политики поддержки и развития цифровой экономики в России, в т.ч. по достижению целей, поставленных Президентом и Правительством РФ в отношении обеспечения перехода нашей страны к цифровой экономике. Помимо вышеупомянутого вклада в теоретическую разработку проблематики цифровой экономики серьезным подспорьем практического характера могла бы стать разработка общих и частных моделей развития сетевых организаций с участием российских предпринимателей, а также действий по отношению к сетям со стороны государственной власти разных уровней.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Муравых А.И., Муравых О.А.

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, 82, стр.1

muravyh@rane.ru

Аннотация: В работе представлен комплекс методов оценки экологического ущерба с выделением областей их практического применения. Показаны критерии выбора конкретного метода. Проанализированы предпосылки оценки экологического ущерба, в том числе учет индивидуальных предпочтений граждан, общественно-политические и экспертные оценки, оценки необратимого ущерба и др.

Ключевые слова: экологическая безопасность, экологическая политика, методы оценки экологического ущерба.

Введение

В 1996 г. Госдумой РФ был принят, а Советом Федерации утвержден закон об экологической безопасности, который так и не подписал Президент Б.Н. Ельцин. Лишь спустя 20 лет, 19 апреля 2017 г. Указом Президента Российской Федерации №176 была утверждена «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года». Таким образом, только в последние годы экологическая политика перестала ассоциироваться с ненужной нагрузкой на бизнес и население [1]. Пересмотру взглядов во многом поспособствовала экономическая оценка экологического ущерба, которого можно было бы избежать сегодня и в будущем при проведении целенаправленной экологической политики. Примером такой политики является подписание, ратификация и выполнение Киотского протокола. Научные исследования подтверждают, что мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов обойдутся существенно дешевле, чем отсутствие этих мероприятий. Тем не менее, экономическая оценка и сейчас требует ответа на ряд важных вопросов. В частности, какой ущерб учитывается? Каким образом сегодняшние события повлияют на будущее развитие? Какие меры можно предпринять для предотвращения будущих негативных событий? Для ответа на перечисленные вопросы, для обоснования экологической политики, мы предлагаем комплекс методов, позволяющих получить экономическую оценку экологического ущерба и его предотвращения.

1 Выбор метода экономической оценки экологического ущерба

В табл. 1 представлены возможные методы экономической оценки экологического ущерба и области их применения.

Таблица 1. Методы оценки экологического ущерба и области их применения

Методы оценки	Области применения
Оценка рыночных цен	
Оценка добавленной стоимости	потери доходов в сельском и лесном хозяйстве; увеличение производственных затрат за счет ухудшения качества окружающей среды (увеличение стоимости очистки воды, повышение стоимости сохранения качества почвы)
Оценка мер по уменьшению ущерба	стоимость шумозащитных окон; стоимость лечения заболеваний, обусловленных ухудшением окружающей среды; стоимость санации зданий
Оценка затрат на компенсацию ущерба окружающей среде	стоимость благ–заменителей природных ресурсов, например, стоимость технической очистки сточных вод до уровня природной очистки; компенсация экологического ущерба в рамках экологической ответственности; размер компенсации как индикатор потери полезности
Косвенные методы оценки	
Гедонистические оценки	изменение стоимости недвижимости в результате изменения качества окружающей среды
Учет расходов на проезд	рекреационные преимущества природных ландшафтов
Прямые методы оценки	
Условная оценка	комплексный подход к исследованию готовности платить за изменения качества окружающей среды, применимый для всех категорий затрат и результатов, например, оценка готовности платить за уменьшение шума и других рисков для

Методы оценки	Области применения
Оценка рыночных цен	
	здоровья, продолжительности жизни, за сохранение биоразнообразия и девственной природы
Оценка атрибутов	области применения те же, что при условной оценке
Оценка участия	индивидуальные предпочтения (индивидуальная готовность платить сильно дифференцирована, наблюдается недостаток информации, труднодостижим консенсус)
Оценка затрат на предотвращение	
Избегание затрат	избегание ситуаций, знания о которых недостаточны, последствия которых дороги или отсутствуют достоверные оценки предполагаемого ущерба

С научной точки зрения, предпочтение следует отдать прямым методам оценки (анализу готовности платить), тем более что существуют проверенные временем методики и критерии качества проведения подобного рода опросов [2]. Вместе с тем выбор метода оценки экологического ущерба требуется тщательно обосновывать для каждого конкретного случая.

При этом необходимо принять во внимание следующее.

- Экономические методы, как правило, учитывают только часть ущерба. Экономическая оценка – нижний предел ущерба окружающей среде, а также вытекающих из этого экономических потерь и косвенных убытков.
- Оценка на основе (скорректированных) рыночных цен является наименее трудоемкой и наиболее экономически эффективной. Ее результаты могут использоваться при обосновании не только экологической, но и экономической политики.
- Методы, основанные на анализе цен на недвижимость (гедонистические методы), действенны только в том случае, если имеется существенная связь между ценами на недвижимость и качеством окружающей среды.
- Для косвенных методов (методов оценки расходов на проезд) необходимо, чтобы такие расходы были соотнесены со стоимостью недвижимости.
- Прямые методы оценки могут быть использованы для всех категорий доходов и расходов. Но для качественной оценки экологического ущерба целесообразно их сочетание с методами оценки на основе рыночных цен и косвенными методами.
- При определении экологического ущерба требуются
- признанные методы оценки, соответствующие современному уровню развития науки;
- использование профессионально обоснованных стандартов оценки, идентичных для многих сфер приложения;
- прозрачность оценок.

Это позволяет значительно сократить разброс оценок ущерба. Для тех случаев, когда неопределенность ущерба очень велика, исследуются различные сценарии [3]. Это является важнейшей предпосылкой для применимости полученных результатов в обосновании экологической политики.

2 Предпосылки оценки экологического ущерба

При оценке экологического ущерба необходимо учесть следующее:

- Индивидуальные предпочтения. Экологическая политика в материальном, пространственном и временном отношениях должна работать на пользу индивидов.
- Общественно-политические и экспертные оценки

Общественные-политические оценки (например, соответствие целям устойчивого развития) или экспертные оценки должны служить в качестве ориентиров в тех случаях, когда невозможны оценки на основе индивидуальных предпочтений. Причины обращения к экспертным суждениям и общественным оценкам связаны, например, с различиями между мнениями разных поколений, высокой неопределенностью или оценкой ущерба, который не сразу замечают отдельные индивидуумы.

Предпосылкой оценки затрат является то, что существуют цели по охране окружающей среды, на основе которых можно определить готовность платить за сокращение экологического ущерба. Это могут законодательно закрепленные цели (например, целевые показатели по сокращению выбросов парниковых газов) или экспертные оценки. Это означает, что принятые обществом затраты на

достижение целей могут служить в качестве эталона социальной готовности платить за предотвращение экологического ущерба.

Индивидуальные предпочтения, общественно-политические и экспертные оценки не изолированы друг от друга, а оказывают взаимное влияние. На основе естественнонаучных знаний о реагировании и устойчивости экологических систем можно предсказать последствия сегодняшних действий. Эти знания (экспертные оценки) влияют на формирование мнений, как отдельных индивидуумов, так и общественного мнения. Важно, чтобы цели экологической политики были прозрачными. Только тогда можно правильно обосновать выявленные экологические издержки.

- Оценка необратимого ущерба

Для оценки необратимого ущерба мы предлагаем различные подходы в зависимости от типа ущерба. Если речь идет о необратимом ущербе, при котором имеется замена потерянным функциям, то можно применить подход стоимости замены. Если мы не знаем последствий повреждения или знания ненадежны, то нужно оценить диапазон потенциального ущерба и провести сценарный анализ. Если нет количественных данных о возможном ущербе, то последствия описываются только на качественном уровне.

- Оценка неопределенности и риска

Мы рекомендуем использовать для оценки экологических затрат показатель ожидаемого ущерба. При наличии у населения неприятия риска ожидаемый ущерб представляет собой нижний предел экологических затрат. Риск, а также причины неприятия риска населением, должны быть описаны и проведен анализ чувствительности с учетом факторов неприятия риска.

- Оценка рисков стихийных бедствий (риски дамоклова меча)

Риски стихийных бедствий, как правило, характеризуются высоким ущербом и очень низкой вероятностью возникновения. Типичными примерами являются технические риски, такие как риски атомной энергетики, крупных химических производств, плотин и хранилищ сжиженного газа. Для них необходимо оценивать вероятность возникновения, величину ущерба, а также ожидаемые рисковые затраты. Риски стихийных бедствий не принимаются населением, для них нужно проводить анализ чувствительности с учетом неприятия риска.

- Оценка неопределенности (риски Пифии, Pythia)

Для некоторых событий неизвестными являются как вероятность возникновения, так и ущерб (риски Pythia). В качестве меры предосторожности подготавливаются мероприятия, которые должны эти риски сократить. Стоимостная оценка событий, последствия которых неизвестны, и отсутствуют оценки вероятности возникновения и ущерба, методически невозможна. Потенциальный ущерб от таких событий нужно характеризовать по критериям повсеместности, устойчивости и необратимости и описывать на качественном уровне.

- Дисконтирование будущих затрат и результатов

В случае оценки долгосрочного экологического ущерба решающее значение имеет выбор ставки дисконта. Чем выше ставка дисконта, тем ниже будут оценки будущих затрат и результатов. Обычно рекомендуется постоянная социальная ставка дисконтирования от 1%.

Заключение

В целом мы проанализировали возможные методы и предпосылки формирования экологической политики.

Литература

1. *Харченко С.Г., Дорохина Е.Ю.* Базовые риски экологической политики. Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 11. С. 51-55.
2. *Харченко С.Г., Дорохина Е.Ю.* Системный анализ как наилучший путь к экологической безопасности. Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 1. С. 42-49.
3. *Харченко С.Г., Дорохина Е.Ю.* Экологическая безопасность: кризис продолжается. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 3. С. 52-57.
4. *Харченко С.Г.* Экологическая безопасность: наука или философия. (Попытка обоснования научной методологии). Журнал «Экология и промышленность России», №8, 2014, − с. 55-60.

КЕЙСЫ СИММЕТРИИ В ЭКОНОМИКЕ И ОБЩЕСТВЕ

Рассказов С.В.

Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9
rasskazovs2015@rambler.ru,

Рассказова А.Н., Королева Е.В..

Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики",
Россия, г.Санкт-Петербург, ул. Кантемировская д.3
an_rasskazova@mail.ru, koroleva11e@gmail.com

Аннотация: Дана методология выявления и анализа теоретико-групповой симметрии в социально-экономических приложениях. Раскрыта симметрия в кейсах оценивания условных требований, основных гипотез финансовых рынков, рядов динамики фондовых индексов, распределения численности населения городов и длительностей исторических периодов. Показана связь решений на основе симметрии, в частности, с управлением пенсионными накоплениями и потоками миграции.

Ключевые слова: симметрия, теория групп, масштабная инвариантность, стохастический процесс, стабильность, кризис, закон Ципфа, социальное управление.

Введение

Принцип математической симметрии универсален по отношению к выбору предметной области. Он широко применяется в математике, физике, цифровой обработке сигналов. Цель данной работы - раскрыть теоретическую и практическую значимость принципа симметрии в социально-экономических системах и следствия для управления ими.

1 Методология

В основе используемой в нашей работе методологии лежит понятие «симметрии». Под ней понимается инвариантность относительно некоторой группы преобразований. Гомоморфизм заданной группы G с элементами g в некоторую специальную группу G' называется представлением этой группы. Обозначив представление исходной группы через $T(g)$, из определения гомоморфизма видно, что для представления выполняется групповой закон умножения $T(g_1*g_2)=T(g_1)\cdot T(g_2)$. Здесь символы «*» и «·» обозначают бинарные операции в группах G и G'. Функция $T(g)$ является инвариантной относительно группы преобразований G с точностью до некоторого постоянного множителя. Теоретико-групповой анализ и вывод решений на его основе является одним из направлений приложения принципа симметрии в социальных науках.

Другое направление исследований учитывает самоподобные, включая мультифрактальные, свойства некоторых типов случайных процессов. К таким последовательностям относятся, в частности, обобщенное (дробное) броуновское движение (fBm) и случаи стабильного распределения Парето-Леви. Методология выявления симметрии здесь состоит в построении частотных распределений (гистограмм), нормированных на $(\Delta_t)^H$ приращений значений исследуемого процесса для различных масштабов времени (H - показатель Херста). При этом исходный временной ряд первоначально прореживается с шагом Δ_t. Совпадение графиков свидетельствует о возможном существовании масштабной симметрии. При отсутствии указанной нормировки увеличение интервала между отсчетами приводит к меньшей предсказуемости соседних значений и росту изменчивости, что проявляется в расширении кривых.

Далее обратим внимание на такое применение симметрии, как предсказание обвала рынка. Здесь используется прямая аналогия с физикой, где инвариантность при сжатиях/растяжениях аргумента нередко соответствует поведению процессов в окрестности критической точки. В определенном смысле в обществе и экономике им соответствуют явления накануне кризисов. В ряде публикаций (например, [6]) утверждается, что за несколько месяцев до точки слома тенденции роста с последующим значительным падением индекса, появляется явно выраженная детерминированная мультипликативная гармоническая составляющая типа $cos[\omega ln(t)]$. Для обнаружения такого сигнала часто используется периодограмма Ломба. Присутствие на ней узких пиков на определенных частотах свидетельствует о возможном существовании гармонических компонент. Максимумы соответствуют наиболее важным составляющим. Чем больше пик, тем при наличии шума выше статистическая значимость соответствующей периодической компоненты.

Перечисленные направления не исчерпывают всех накопленных к данному моменту знаний о симметрии в социальных науках. Ее можно «обнаружить», скажем, в теории индексов, корпоративном управлении, а также во множестве других приложений.

2 Результаты и их обсуждение

В данном пункте рассматриваются кейсы, раскрывающие выделенные в предыдущем пункте направления и их связь с управлением. Самый простой кейс относится к принципу неравноценности денег во времени. Его математический фундамент составляет формула $S_+ = P \cdot e^{\rho \Delta +}$, где $\Delta_+ = t_2 - t_1$, P и S - современная и будущая стоимости инвестиции (ссуды, вклада, капитала и т.п.) в моменты времени t_1 и t_2 соответственно, $\rho = const$ - сила роста; $k(\Delta_+) = e^{\rho \Delta +}$ - функция наращения. Очевидно, что значение S_+ не изменяется при сдвиге границ интервала, то есть $\Delta_+ = (t_2 \pm \tau) - (t_1 \pm \tau) = t_2 - t_1$. На теоретико-групповом языке сказанное означает существование аддитивной симметрии, то есть неизменности (инвариантности) функции относительно трансляций (сдвига) времени $t \rightarrow t \pm \tau$. Причем именно последнее обстоятельство, а не какое-либо иное, математически однозначно определяет экспоненту (e) и конкретный вид интервала Δ_+.

При другой подгруппе решение и следствия из него будут иными, зависящими от выделенной в конкретной решаемой задаче симметрии. В реальной жизни имеет место неравномерность субъективного времени [2]. Она напоминает мультипликативное преобразование (сжатие/растяжение), которое определяется подгруппой $G_\bullet = \{g : t \rightarrow \alpha\tau\}$. Соответствующая мера интервала времени характеризуется мультипликативной длительностью $\Delta_\bullet = ln\ (t_2 / t_1)$. Здесь формулы будущей и современной стоимости принимают вид $S_\bullet = P\ e^{\rho\ ln(t2/t1)}$ и $P = S_\bullet\ e^{-\rho\ ln(t2/t1)}$ соответственно. Эти выражения формализуют наблюдения психологов. Согласно им, люди осуществляют выбор награды таким образом, как будто они дисконтируют по большей ставке, если делают это раньше во времени. Если речь идет об управлении пенсионными накоплениями или сбережениями, то необходимо учитывать, что при мультипликативной симметрии акцент делается на краткосрочных выгодах, тогда как при использовании традиционной формулы – на долгосрочных. Симметричные рассуждения предлагают альтернативное решение используемому в поведенческих финансах гиперболическому дисконтированию.

Другие рассмотренные кейсы включают:

- Симметрии на валютном рынке [3] и в задаче оценки условных требований [4]. В первом случае симметрия вводится с использованием преобразования Кельвина $\mathbf{K}_C$. Во втором - калибровочной группы ожиданий/предпочтений $\mathbf{g} = (\mathbf{g_b}, \mathbf{g_U})$, характеризующей «взаимодействие» между ожиданиями и предпочтениями инвесторов. В данных кейсах существование арбитража означает нарушение некоторой симметрии. Это наблюдение применимо не только к рассмотренным примерам, но и к более общим социально-экономическим ситуациям и управлению в них.
- Формирование фрактальной структуры на российском фондовом рынке. Она объективно отразила зародившийся порядок на макроуровне и позитивные тенденции в ожиданиях инвесторов. На микроуровне показана мультипликативная симметрия внутри высокочастотного диапазона (реализовано М.А. Лекомцевым). Последнее означает возможность использования в алгоритмических торговых системах актуальной рыночной информации из меньшего временного масштаба.
- Упреждающее обнаружение мультипликативной гармоники в индексе РТС перед дефолтом августа 1998 года и объявлением о «великой рецессии» в сентябре 2008 года. Применительно к российскому рынку метод показал хорошие прогностические возможности.
- Закон Ципфа [5], симметрия в котором заключается в неизменности вида функции на различных масштабах численности. В области крупных российских городов показано явное отклонение от симметрии и даются рекомендации по управлению миграционными потоками в России.
- Проверку гипотезы о сжатии социального времени и ускорении исторического процесса [1]. В исторические интервалы вписана зависимость $\cos[\omega \cdot \ln(t_0 - t)]$. На ноль функции логарифма приходится так называемый демографический переход. Для этого периода характерна смена приоритетов в экономике и ценностей в обществе, изменение взаимоотношений между поколениями, трансформация установок практически во всех сферах жизни людей. Эти и другие особенности необходимо учитывать населению и компаниям в своей деятельности и развитии, а также на национальном уровне – при организации социального управления.

Выводы

Представленные в данной работе результаты подтверждают принципиальную возможность и перспективность применения принципа симметрии в социальных науках и практиках. Следует ожидать выявления принципиально новых групп преобразований в таких сложных системах, какими являются общество и экономика, и управления ими на этой основе.

Литература

1. Капица С.П. Об ускорении исторического времени // Новая и новейшая история. 2004, № 6. – С.3-16.
2.Bejan A. Why the Days Seem Shorter as We Get Older // European Review. Vol. 27, 2019, № 2. – P. 187-194.
3. Kholodnyi V.A. Price J.F. Foundations of Foreign Exchange Option Symmetry. IES Press, 1998.
4. Kholodnyi V. Beliefs – Preferences Gauge Symmetry Group and Replication of Contingent Claims in a General Market Environment. IES Press, 1998.
5. Zipf G. Human Behavior and the Principle of Least Effort. Cambridge, MA: Addison-Wesley, 1949.
6. Sornette D. Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems. Princeton and Oxford: Princeton university press, 2017.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ СТРАН-ЛИДЕРОВ

Савельев А.М., Журенков Д.А.

Институт философии РАН, Россия, г. Москва, ул. Гончарная д. 12 стр. 1
anton.saveliev@gmail.com, dzhurenkoff@mail.ru

Аннотация: В статье проведен краткий анализ национальных стратегий развития систем искусственного интеллекта в США и Китае. Рассматриваются общие подходы к развитию искусственного интеллекта на государственном уровне с привлечением научных кругов, частных компаний, общественности. Приведены примеры эффективных национальных стратегий развития систем искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, национальные стратегии, инновационная политика.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) – это область информационных технологий, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, то есть систем, обладающих возможностями, которые традиционно связываются с человеческим разумом, – пониманием языка, обучением, способностью рассуждать, решать проблемы и т.д. Применение сетевых технологий и методов сильного искусственного интеллекта в условиях цифровой экономики дает новые возможности для стратегического целеполагания [1].

Динамика роста глобальных затрат на операции с их участием систем ИИ свидетельствует о высоком интересе к данным технологиям. Эксперты International Data Corporation (IDC), международной исследовательской и консалтинговой компании, оценивают мировые затраты на когнитивные системы и искусственный интеллект по итогам 2018 году куда выше – на уровне 24 млрд долл., против 12 млрд долл. в 2017 году. По прогнозам IDC, к 2022 году этот показатель должен достигнуть 77,6 млрд долл., а среднегодовые темпы роста рынка систем искусственного интеллекта в период с 2017 по 2022 годы составят 37,3% [2].

В настоящее время лидерство в ИИ удерживается ограниченной группой стран, которые смогли привлечь на свои технологические площадки значительное число технологических компаний и профессионалов. В первую очередь, это США и Китай. В число стран-лидеров также входят Великобритания, Канада и Индия. Активными игроками на рынке ИИ являются Израиль и ряд стран Евросоюза, в первую очередь, Франция и Германия.

Правительства США и Китая осознают, что удержание лидирующих позиций в области технологий искусственного интеллекта требует не только развитого рынка и высоких объемов привлеченных инвестиций, но и наличия ясных стратегических ориентиров.

1 США

В США сосредоточено большинство мировых компаний, так или иначе занятых в отрасли ИИ – свыше 2 тыс. Соединенные Штаты лидируют и по числу ИИ-стартапов – 1 393 (свыше 54% от общемирового рынка) против 389 у КНР (около 15%). Для сравнения, в Великобритании количество ИИ-стартапов по итогам 2018 года составило 245, у Израиля – 362, а у России – не превысило 19. Однако, если принять во внимание среднюю стоимость сделки, то абсолютное мировое лидерство на рынке ИИ-решений в настоящее время принадлежит КНР. Средняя стоимость сделок Китая в данной области за 2017-2018 годы превысила 100 млн. долл., против 15 млн долл. у США и 5,4 млн долл. у Великобритании.

Цели развития ИИ: (1) удержание мирового лидерства через лидерство в области ИИ; (2) создать систему вооружений на основе имеющихся только в США технологий, которую ни одна страна в мире не сможет ни скопировать, ни применить. *Приоритетные направления развития ИИ:* военные

цели, включая кибероперации, IT, производство, здравоохранение, судебная система. *Стратегические усилия по развитию ИИ:* (1) приоритетное внимание фундаментальным исследованиям в области ИИ с акцентом на исследовательские инициативы, в которые не планирует инвестировать частный бизнес; (2) сокращение разрыва между знаниями об ИИ, которые есть на рынке и у должностных лиц, принимающих решения, для формирования законодательства и обеспечения эффективного регулирования новых технологий; (3) контроль коммерческой деятельности, связанной с развитием ИИ, через поощрение или сдерживание её в определённых аспектах; (4) контроль стоимости и сложности разработки технологий ИИ для своевременной корректировки национальных интересов США; (5) установление баланса между законным и противоправным использованием технологий, влияющих на национальную безопасность; (6) усиление сотрудничества с ключевыми игроками на международной арене, включая правительства, международные организации, промышленные и академические круги [3].

Отличительной особенностью США является отсутствие как системного правового регулирования в сфере развития ИИ, так и общенациональной государственной стратегии в этой сфере. Относительным аналогом этих документов может служить доклад Майкла Крациоса, заместителя помощника президента по технологической политике, озвученный на саммите Белого дома по проблемам искусственного интеллекта в мае 2018 года [4]. Согласно тексту доклада, развитие ИИ в стране, с точки зрения президента США, должно служить следующим четырем целям: (1) поддерживать американское лидерство в ИИ, (2) поддерживать американского рабочего, (3) продвигать общественные исследования и разработки; и (4) устранить препятствия для инноваций.

Доклад Крациоса при достаточно широкой постановке целей, тем не менее, не носит статуса нормативного документа и отражает скорее общее представление президента США о возможных направлениях действий в сфере поддержки американского рынка ИИ-систем и его участников. В этой связи, ведомственная Стратегия Минобороны США в области искусственного интеллекта [5] (Department of Defense Artificial Intelligence Strategy, далее – Стратегия), опубликованная в феврале 2018 года, заслуживает куда большего внимания. Этот документ закладывает основу взаимодействия военного ведомства с ИИ-технологиями, как с точки зрения конечного применения, так и с точки зрения организационных вопросов при внедрении. По мнению экспертов Минобороны США, ИИ-технологии способны радикально преобразовать военное дело. Авторы считают, что Пентагон обязан включиться в гонку вооружений и определить для себя рамки использования новых технологий, так как их уже начали внедрять в России и Китае, в том числе в сферах, критичных с точки зрении этики. Также следует отметить, что эксперты Пентагона связывают конечный успех реализации Стратегии не с торжеством конкретных продвинутых технологических решений, а с максимальным устранением организационных преград для их применения.

2 Китай

В настоящее время китайские компании оказались наиболее популярными среди инвесторов: в 2018 году лидерами по объемам инвестиций на рынке ИИ стали китайские SenseTime (1200 млн долл.), UBTech Robotics (820 млн долл.), Megvii Technology (600 млн. долл.), YITU Technology (300 млн. долл.) и американские Dataminer (391 млн долл.), CrowdStrike (200 млн долл.) и Pony.ai (214 млн долл.).

Цель развития ИИ: стать «научно-технической сверхдержавой», мировым центром инноваций в области ИИ (лидером во всех областях ИИ) с активной коммерческой индустрией ИИ и лидером в создании промышленных роботов. *Приоритетные направления развития ИИ:* социальное устройство государства, общественные и судебные услуги, медицинское обслуживание и общественная безопасность, военное дело. *Стратегические усилия по развитию ИИ:* (1) обеспечение высокой степени государственной поддержки и участия в получении технологий и талантов, а также поддержки компаний – «национальных чемпионов»; (2) повышение роли государства в финансировании проектов ИИ и создании коммерческой экосистемы ИИ [3].

Китай является одним из самых активных игроков в сфере ИИ, и это касается не только развития технологий и рыночной инфраструктуры, но и регулирования. В настоящее время, из пятерки мировых лидеров, Китай обладает самой разветвленной системой законодательных актов и государственных планов, декларирующих приоритеты развития ИИ-технологий, но это многообразие компенсируется достаточно размытым характером этих документов.

В первую очередь, необходимость развития ИИ-систем обозначена в 13-ом Пятилетнем плане развития КНР на 2016-2020 годы [6] (The 13-th Five-Year Plan For Economic and Social Development of the People’s Republic of China 2016-2020). Согласно данному документу китайские власти ожидают роста экономики не ниже 6,5% в период пятилетки 2016-2020 годов, чего предполагается достичь за

счет «прорывных программ» в области робототехники, инновационных технологий различного назначения (р. 1 гл. 23) и систем кибербезопасности с применением ИИ (р. 3 гл. 23). Отмечается также необходимость разработки робототехнических систем промышленного, сервисного, медицинского и иного назначения, а также стимулирование применения искусственного интеллекта в национальной экономике вне зависимости от отраслевой привязки (р. 6 гл. 22).

Однако, самым важным документом, декларирующим стремление КНР обрести мировое лидерство в развитии ИИ является План развития технологий искусственного интеллекта нового поколения от 2017 года [7] (далее – План).

Во-первых, План декларирует необходимость построения открытой технологической системы ИИ, обеспечивающей возможность межотраслевой и межведомственной кооперации. С этой целью авторы Плана отмечают важность разработки новой теории искусственного интеллекта, не раскрывая точного содержания этого понятия. Во-вторых, План делает акцент ускорение развития уже имеющихся разработок в ИИ для создания «умной» экономики. В первую очередь китайским разработчикам необходимо сконцентрироваться на интеграции уже готовых ИИ-систем в транспорт, логистику и здравоохранение. В-третьих, необходимо насытить новыми ИИ-технологиями китайскую промышленность, что должно облегчить процесс роботизации производств.

Отдельно в документе отмечается необходимость законодательной базы в области искусственного интеллекта и смежных отраслей. Для этого КНР планирует провести исследования существующего мирового законодательства, уделив особое внимание вопросам гражданской и уголовной ответственности, защиты данных и прав интеллектуальной собственности.

Заключение

Можно заключить, что успех создания эффективной стратегии в области раз-вития систем искусственного интеллекта неотрывно связан с общегосударственным видением развития страны на ближнюю и дальнюю перспективу. Если правительство США рассматривает желаемое первенство в сфере искусственного интеллекта как ключевую составляющую защищенности страны от военно-технических, научных, экономических и политических угроз со стороны КНР и России, то для китайского руководства приоритеты развития ИИ сосредоточены, главным образом, в деле укрепления инновационного и экономического потенциала.

В России до настоящего времени нет национальной стратегии развития систем искусственного интеллекта, отсутствуют специализированные ведомственные и отраслевые ИИ-стратегии. Вместе с тем, даже при их наличии – истинный потенциал технологий искусственного интеллекта может быть раскрыт только за счет комплексного их внедрения во все сферы социально-экономической деятельности государства.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (17-18-01326).

Литература

1. Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития / Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. Райкова – М.: Когито-Центр, 2018. – 329 с. С. 8.

2. Worldwide Spending on Cognitive and Artificial Intelligence Systems Forecast, [Электронный ресурс], режим доступа: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44291818

3. Развитие искусственного интеллекта в странах мира: США, Китай, Великобритания, [Электронный ресурс], режим доступа: http://d-russia.ru/razvitie-iskusstvennogo-intellekta-v-stranah-mira-ssha-kitaj-velikobritaniya.html?fbclid=IwAR0kw40g3nHtz7Zam38HUci6jGxcKkpEsqueK750JuNPvxIZEbYT4-uGo5w

4. Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry (May 10, 2018), [Электронный ресурс], режим доступа: https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/05/Summary-Report-of-White-House-AI-Summit.pdf

5. United States DoD. Summary of the 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy, [Электронный ресурс], режим доступа: https://media.defense.gov/2019/Feb/12/2002088963/-1/-1/1/SUMMARY-OF-DOD-AI-STRATEGY.PDF?fbclid=IwAR0iPoHeBD-hjWG6spK_6C9nJjADlqguh9ZwV_gHYRpUrq7M0Zj7dsbvTEA

6. The 13th Five-Year Plan For Economic and Social Development of the People's Republic of China (2016–2020), [Электронный ресурс], режим доступа: http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201612/P020161207645765233498.pdf

7. План развития технологий искусственного интеллекта нового поколения 2017, [Электронный ресурс], режим доступа http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm

ОСОБЕННОСТИ МЕДИЙНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Славин Б.Б., Славин А.Б.

Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, г. Москва Ленинградский проспект, д.49
bbslavin@fa.ru, slavinthebest@gmail.com

Аннотация: В работе исследуются особенности медийной сетевой среды и вовлеченности аудитории на основе факторного анализа комментариев к видеоблогам. Показано, что вовлеченная аудитория хоть и составляет незначительную часть всей потенциальной аудитории, она существенно дополняет и искажает основную тему сетевой информации.

Ключевые слова: блоги, сетевые медиа, вовлеченность, социальное присутствие.

Введение

Сетевые медиа являются существенной составляющей цифровой экономики. Наиболее важной новацией в результате использования сетевых социальных коммуникации стало интерактивное включение в медийную среду откликов читателей, слушателей и зрителей. В современных медиа, использующих для передачи контента Интернет и веб-медиа, имеется возможность непосредственного включения в контент мнения потребителей информации либо через онлайн комментарии, либо через сопроводительные комментарии при размещении ссылок на страницах социальных сетей и мессенджеров. В результате использования сетевых средств коммуникаций сопровождающих информацию контент медийной цифровой среды становится гораздо шире [1]. Более того, порой комментарии к той или иной информации могут вызвать больший интерес, чем исходная информация. Модерировать такую медийную среду гораздо сложнее, чем в условиях однонаправленного вещания. Это свидетельствует о необходимости изучения особенности медийной среды, понимания возможности улучшения восприятии и повышения вовлеченности аудитории в получении информации в условиях цифровизации социальных коммуникаций.

1 Исследования социальной вовлеченности в сетевых медиа

Фактически сразу, как только блоги стали пользоваться популярностью среди читателей (а позже, когда появились видеоблоги, и среди зрителей) появились исследования [2] новых возможностей объединения СМИ и социальных инструментов. В работе [3] экспериментально показано, что когнитивные сигналы социального присутствия (например, предоставление информации о других потребителях в интернете) и эмоциональные сигналы социального присутствия (использование смайликов в онлайн-комментариях потребителей) усиливают благоприятное отношение к веб-сайту. В работе [4] была предпринята попытка классифицировать мотивы читателей блогов на основе факторного анализа: было выделено 4 типа мотивов для чтения блогов: выражение эмоций, поиск информации, развлечение и желание присоединиться к большинству (bandwagon). В частности, читатели, которые сосредоточены на эмоциональном обмене, больше взаимодействуют с блоггерами. Модерация дискуссий позволяет управлять медийной средой. Так в работе [5] изучались возможности модерации в блогах. Была показана необходимость не только модерировать, но и балансировать по темпу медиа-среду.

2 Методология и результаты исследования

В настоящем исследовании[119], как и в работе [6] был использован факторный анализ для выявления мотивации потребителей медийной информации в сети Интернет. Однако при этом факторизовались не только комментарии, но и сами темы, которые инициировали эти комментарии. Такой подход позволяет выявить закономерности социального присутствия потребителей информации и сделать выводы о возможном управлении такой вовлеченностью. В качестве данных был выбран видеоблог на видеохостинге Youtube, посвященный спортивной тематике.

Все темы анализируемого видеоблога были разделены на субъективные и не субъективные и одновременно на популярные и обычные. Мнения зрителей блога факторизовались по их оценкам (см. Таблица 2). В дополнение к оценке мнения зрителей в рамках исследования учитывались и такие стандартные показатели социального присутствия в сетевых блогах, как число просмотров видеороликов, количество лайков и дизлайков, приведенные к средним величинам на один ролик, а

[119] *Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант 17-18-01326 "разработка социогуманитарных технологий для системы распределенных ситуационных центров в России на основе методологии саморазвивающихся полисубъектных сред".*

также рассчитывалась также вовлеченность зрителей по отношению их действий (комментариев, лайков и дизлайков) к числу просмотров.

Всего было проанализировано 27 видеороликов, которые были просмотрены более, чем миллионом зрителей за два месяца. Ниже приведены таблицы 1 и 2 с полученными результатами по просмотрам, лайкам и дизлайкам, и по видам комментариев.

Таблица 1. Вовлеченность зрителей в зависимости от тем

Темы Отклики	Не субъектив-ные и обычные	Не субъективные и популярные	Субъективные популярные	Субъективные непопулярные
Ср. число просмотров	14 028	164 248	10 047	8 876
Ср. число комментариев	93	347	100	117
Ср. число лайков	1 028	1 483	707	697
Ср. число дизлайков	52	710	76	38
Вовлеченность	8,4%	1,5%	8,8%	9,6%

Таблица 2. Типы комментариев зрителей в зависимости от тем

Темы Виды комментариев	Не субъек-тивные и обычные	Не субъектив-ные и попу-лярные	Субъективные популярные	Субъективные непопулярные	ИТОГО
Критика материала	18,8%	9,2%	10,0%	13,6%	12,9%
Оскорбительные ком-ментарии	5,0%	20,0%	25,6%	6,4%	14,3%
Комментарий или вопрос не по теме	11,3%	5,0%	5,8%	6,4%	7,1%
Поддержка автора	12,5%	13,3%	20,0%	13,6%	14,9%
Одобрение материала	16,3%	15,8%	18,9%	27,9%	19,7%
Дополнение к матери-алу своего мнения	22,5%	17,5%	7,5%	24,3%	18,0%
Обращение внимания к себе	13,6%	19,2%	12,2%	7,8%	13,2%

Из таблицы 1 видно, что наиболее просматриваемыми видеороликами являются ролики с популярными темами и не субъективной (не персонализированной) точкой зрения автора. Среднее число комментариев в популярных и не субъективных темах выше, чем в других примерно в 3 раза. Но с учетом существенно большего числа просмотров общая вовлеченность таких тем очень мала. Это говорит о том, что основная масса аудитории сетевых медиа, как правило, инертна и социально «отсутствует», а вся вовлеченность создается небольшой, на уровне 2-3 процентов потенциальных зрителей, группой активных участников.

Из таблицы 2 видно, что оскорбительные комментарии в адрес автора очень высоки (на уровне 20-25%) как раз тогда, когда ролик популярен. Это говорит о том, что таким зрителям нужна аудитория, чтобы привлечь к себе внимания. Интересно, что в случае субъективных популярных тем, когда максимальна оскорбительная составляющая комментариев, поддержка авторов со стороны части зрителей также максимальна. Это говорит об определенной сплоченности, казалось бы, безликой зрительской массы, когда многие встают на защиту авторской позиции по «горячей» теме.

2 Обсуждение результатов

В мире медиа и СМИ традиционно наибольшую реакцию получают наиболее “горячие” темы материалов. Так как вовлечённость - это своего рода активность, то вызывание активности не имеет ничего общего с насыщенностью материала, а больше - с громкостью его заголовка и тематики. Самый большой катализатор вовлечённости аудитории - провокационность материала, наличие в нём некоего посыла, мысли или тезиса, который «расколет» аудиторию, или и будет направлен против типичных убеждений, стандартов. Часто провокация создаётся автором материала специально.

Модерация лишь частично решает проблему отклика. Всё тот же видеохостинг YouTube даёт средства для блокировки пользователей, запрета использования отдельных слов по желанию автора, а также наоборот - выделение автором наиболее важных по его мнению комментариев и даже закрепление комментариев выше остальных, что делает их первыми для просмотра другими

пользователями. Однако при этом же площадка заведомо создаёт условия, при которых автор должен рассматривать секцию комментариев в первую очередь как показатель ранжирования, пренебрегая её реальными возможностями.

Даже при модерируемой реакции в медиа и СМИ возникает проблема вовлечения качественной экспертной аудитории. Проблема состоит в том, что реального эксперта среди аудитории а) очень сложно отобрать из общей массы; б) сложно оценить его качество как эксперта; в) заставить его выйти из тени аудитории и стать активным зрителем. Реальный эксперт зачастую не видит пользы в собственном вовлечении в обсуждение, или же попросту недостаточно активен, чтобы в это обсуждение вступать. Очень часто основная масса комментирующих материал создаёт слишком громкое поле, в котором реальный эксперт не будет услышан, или, по крайней мере, он сам не верит в то, что будет услышан и предпочитает молчать, нежели раствориться со своим мнением в море остальной реакции.

Выводы

Современная система вовлечения аудитории не просто редко даёт полноценное представление о качестве материала, восприятии его аудиторией или какую-либо экспертную оценку данного материала, она часто является вредной для авторов материалов, которые вынуждены работать на максимальную реакцию аудитории, что понижает качество материала, искусственно поднимая его рейтинг и вовлечённость в его обсуждение. Проблема мониторинга и модерации медийной среды может быть решена созданием базы данных при СМИ, медиа или платформе. Это не только позволит отметить практически каждого комментатора как эксперта в определённых областях, но и при создании определённой системы оценки другими пользователями, создать его рейтинг в данной тематике.

В СМИ всегда продвигались более рейтинговые материалы для повышения спроса на весь медийный продукт, однако с переходом производителей медиа в сеть Интернет, чрезмерная ориентация на аудиторию становится довлеющим фактором, искажающим часто информационную природу медийной среды. Так крупнейший видеохостинг в мире YouTube, во многих странах уже вытесняющий телевидение с позиции медиа-инструмента номер один, напрямую заявляет, что вовлечённость аудитории - главный показатель при политике рекомендации видеоролика на платформе, а эта политика является главным и основным инструментом развития внутри хостинга. Необходимо учитывать особенности медийной среды в условиях цифровизации социальных коммуникаций для более эффективного мониторинга информационного обеспечения общества.

Литература

1.*Morris, M., Ogan, C.* (1996) ‘The Internet as mass medium’, Journal of Computer-Mediated Communication, Vol.1, 1996, No. 4

2. *Dearstyne BW.* Blogs: the new information revolution? Information Management Journal 2005; 39, P.38–44
Cui, N., Wang, T. and Xu, S. ‘The influence of social presence on consumers’ perceptions of the interactivity of web sites’, Journal of Interactive Advertising, Vol. 11, 2010, No. 1, P.36–49

3. *Li-Shia Huang, Yu-Jen Chou, Che-Hung Lin*. The Influence of Reading Motives on the Responses after Reading Blogs. Cyberpsychology & Behavior Volume 11, Number 3, 2008, P.351-355

4. *Kevin Wise, Brian Hamman, Kjerstin Thorson.* Moderation, Response Rate, and Message Interactivity: Features of Online Communities and Their Effects on Intent to Participate. Journal of Computer-Mediated Communication October 2006 12(1), P.24-41.

ПАРТИСИПАТОРНАЯ УПРАВЛЯЕМОСТЬ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Сморгунов Л.В.

Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург ,Университетская наб. д.7/9
l.smorgunov@spbu.ru

Аннотация: Партисипаторная управляемость в публичном управлении является сетевым эффектом, возникающим в сетевых структурах, предполагающих широкое участие граждан. Сетевые платформы обеспечивают сотрудничество на основе институциональной формы взаимодействия, которая эффективнее, чем конкурентная репрезентация. Цифровая институциональная платформа обеспечивает принципы равенства, безучастности, реципрокности и автономности.

Ключевые слова: партисипаторная управляемость, цифровизация, институты управляемости.

Введение

Использование сетевых форм координации взаимодействий в экономике и политике, основанные на цифровых технологиях, поставило под вопрос традиционные формы управляемости систем, связанные с централизацией, использованием представительства, обратных связей и поддержанием равновесия со средой. Ответом на проблему стал весьма широкий спектр решений как обеспечить управляемость: от анархистского (без Левиафана) до неолиберального (контроль), республиканского (доминирование) и фукодианского (дисциплинирование, субординация).

Анархистская модель является весьма затратной с точки зрения трансакционных эффектов. Обеспечивая внешние эффекты, она при обычных условиях взаимодействия подчинена индивидуальному вотуму недоверия, который может быть наложен на коллективное решение каждым его участником. Индивидуализм анархистской модели противоречит социальности сетевой организации, институционально обеспеченной цифровизацией. Другие способы связаны скорее с оппортунистическим использованием цифровизации, позволяющей усилить управляемость за счет технизации/бюрократизации/ нормативизации публичного управления.

Нельзя ли, однако, полагать, что цифровизации порождает новую форму управляемости за счет увеличения числа участников управления, организованных в сетевые платформы, что сама патисипаторная управляемость является сетевым эффектом, основанном на способности системы обеспечить нормы процедурного справедливого консенсуса.

В научной литературе зафиксирована целевая функция партисипаторной управляемости. Во-первых, партисипаторное публичное управление используется не просто в качестве формы развития демократии, а является ответом на потребность управляемости, возникающей в условиях дифференциации интересов и роста конфликтности в обществе [4]. Во-вторых, партисипаторное публичное управление в форме сетей возникает как необходимость обеспечения управляемости в условиях повышения роли инноваций в публичной сфере [5]. В-третьих, управленческие сети, которые придают большее значение участию граждан, как правило, создают политику возрождения городов, концепция которой носит более всеобъемлющий характер, и подчеркивают аспекты социального и общинного развития [6]. Партисипаторная управляемость формируется в определенных контекстах и выражается в достижении консенсуса на основе множества акторов сетевого интенсивного взаимодействия.

1 Контекстуальные условия и понятие партисипаторной управляемости

1.1 Контекстуальные характеристики перехода к партисипаторной управляемости

Можно выделить ряд характеристик, которые воздействуют на публичную политику в целом и на отдельные ее составляющие, которые относятся к политическому режиму, принципам управления, технологиям и механизмам, способностям акторов публичной политики, средствам и методам решения политических задач, внутренней структуре взаимодействия, которые требуют более сложной платформенной организации взаимодействия как внутри правительства, так и между системой государственного управления и гражданами. К ним относятся следующие контекстуальные характеристики, которые следует учитывать в ходе внедрения современных технологических платформ и шире – политико-административных трансформаций, нацеленных на партисипаторную управляемость:

- усиление сложности окружающей среды, определяемой процессами интенсивной коммуникации, глобализацией, ростом лиминальных структур и неопределенности, открытостью пространств взаимодействия, лавиной технологических и социальных инноваций;
- разнообразием и увеличением числа участников выработки и реализации политики на различных ее уровнях и в различных ее сферах;
- повышением значения субъективных - когнитивных, информационных, психологических, моральных факторов в общественном развитии и в политике в целом;
- динамичное соотношение субъектных и объектных, виртуальных и реальных факторов и процессов современного общественного развития и политики, составляющих ассамбляжи активностей;
- устойчивое недоверие к формальным политическим институтам и практикам, политикам и государственным служащим, порождающее феномен спорной политики (contentious politics) и потребность у граждан быть разработчиками и проводниками публичной политики;
- развитие социального капитала общества, трансформирующего традиционное представление о гражданстве в направлении более широкой мотивации включения в процессы публичной сферы;

- расширение технологической базы возможного политического участия, определяемой современными информационно-коммуникационными средствами и техникой;
- неспособностью государства справиться самостоятельно с проблемами достижения публичных благ и предоставлением публичных услуг;
- увеличением доли частного и гражданского участия в предоставлении публичных благ и услуг; развитие системы государственно-частного партнерства;
- инклюзивным характером современного экономического и общественного развития, предполагающим формирование институтов участия и использование участия в качестве фактора развития.

1.2 Понятие партисипаторной управляемости

Эти новые вызовы и возможности определяются как трансформацией политико-административных институтов под влиянием спорной политики, так и формирующейся новой технологической основной - электронным, а затем цифровым управлением. ИКТ первого, второго и третьего поколений определяли управляемость государства с функциональных (электронные государственные услуги), организационных (электронное участие) и коммуникативных (мониторинговая демократия) позиций. Сетевая теория государственного управления сформировала радикальную концепцию «управления без правительства». В четвертом поколении ИКТ была разработана технология распределенных баз данных (регистров) - блокчейн, основанная на возможности выполнять прямые транзакции между пользователями распределенных сетей на основе криптографических протоколов и алгоритмов, практически без доверия и в обход третьих сторон, в том числе государства. В теоретической перспективе анализа цифровых технологий в управлении их неоспоримые преимущества включают в себя децентрализованное проектирование сетей, снижение операционных издержек, прозрачность операций и конфиденциальность, повышение скорости текущих процессов, надежность и безопасность, а также повышение степени «осведомленности» о решениях, принимаемых в условиях отслеживания всех этапов офисного рабочего цикла, что особенно важно для государственного сектора на современном этапе. В разных странах эти преобразования стали общими мотивами политических и административных реформ. При этом магистральным направлением политико-административных реформ становится переход от электронного правительства, ориентированного на предоставление услуг и реализацию функций, к цифровому правительству, ориентированному на услуги, функции и управление посредством гражданского участия.

В этом отношении степень и качество участия граждан в сетях управления становится фактом, который необходимо изучать эмпирически, а не простым элементом, который соответствует этой парадигме партисипаторного управления [6]. Понятие партисипаторной управляемости не может быть отделено от того, как понимается управляемость вообще. Управляемость есть способность системы реагировать на изменяющиеся внешние контексты, сохраняя свою природу и цель. Партисипаторная управляемость есть результат сетевой координации взаимодействия, порождающий эффект сотрудничества, а не конкуренции. Сотрудничество и ориентация на совместное производство в публичной политике означает, что дизайн политики выстраивается с акцентом на граждан, а не на учреждениях; возникает сотрудничество, а не только простое внешнее партнерство; взаимодействие в процессе публичной политики строится на основе общих ценностей, а не только заключение договоров; происходит расширение публичных арен для совместной работы; внимание сосредотачивается на обсуждении публичных ценностей и реальных потребностей; управление осуществляется скорее посредством суждений, чем норм; большое внимание уделяется реальному контексту жизни заинтересованных сторон публичной политики (потребности и интересы, выбор места и времени); происходит контекстуализация процесса публичной политики вместо его типизации; обеспечивается прозрачность управления и политики, происходит формирование ориентированных на граждан данных и использование цифровых ресурсов для публичной политики. Большую роль в обеспечении партисипаторной управляемости играет цифровизация.

2 Цифровизация и формирование институтов управляемости

Цифровизация публичного управления часто понимается как процесс использования новых ИКТ и в особенности электронных технологий для организации и обеспечения эффективного функционирования публичной сферы. При этом подчеркивается, что цифровизация в политическом смысле – это способ расширить политические формы взаимодействия общества и государства, сделав публичное управление совместным [3]. При этом важно отметить, что гражданское участие способствует развитию «текучей демократии» (liquid democracy) в местных сообществах – когда

субъекты политики выбирают и голосуют по важным вопросам, – и это свидетельствует о том, что данный вопрос начинает входить в политическую повестку дня. Такой тип демократии позволяет не только прямое участие в процессах принятия решений, но и формирует условия, при которых репрезентация интересов приобретает характер «связанной репутации», обеспеченной соучастием в производстве политических решений.

Значение цифровизации далеко выходит за рамки простого технического обеспечения управления. Нормативная база используемых цифровых технологий позволяет решить ряд проблем, возникающих в связи с кризисом репрезентативной демократии, подотчетности и контроля. Анализ блокчейн технологии показывает, что она создает условия для чистой процедурной справедливости, обеспечивающей возможность честного решения публичных вопросов по существу [2]. Этот пример демонстрирует огромные возможности цифровизации процессов управления для формирования новой его организации, выходящей за рамки простого публичного выбора между Левиафаном и анархией [1]. Прежний выбор строился с учетом минимизации издержек взаимозависимости (внешние издержки и трансакционные издержки), а публичная управляемость опиралась на способность системы обеспечить безопасность и быть чувствительной к базисным интересам. Цифровизация не умаляет данных требований, но идет дальше, обеспечивая через сетевой технологический алгоритм управляемость без посредников. Управляемость как сетевой эффект цифровизации публичного управления строится как на количестве участников взаимодействия, так и на интенсивности публичного общения. Она поддерживается процедурой справедливого консенсуса, основанной на взаимности (реципрокности), равенстве, безучастности и автономной организованности.

Работа выполнена по гранту РНФ 19-18-00210 «Политическая онтология цифровизации: исследование институциональных оснований цифровых форматов государственной управляемости»

Литература

1. *Бьюкенен Дж. М.* Сочинения. Конституция экономической политики. Расчёт согласия. Границы свободы / Нобелевские лауреаты по экономике. Т. 1 / Фонд экономической инициативы. — М.: Таурус Альфа, 1997. – 556 с.

2. *Сморгунов Л.В.* Блокчейн как институт процедурной справедливости // Политические исследования. Полис. 2018. № 5. – С. 88-99.

3. *Asgarkhani M.* Digital Government and Its Effectiveness in Public Management Reform // Public Management Review. Vol. 7. 2005, № 3. – P. 465-487.

4. *Kübler D., Rochat Ph., Woo S.Y., Heiden van der N.* Strengthen governability rather than deepen democracy: why local governments introduce participatory governance // International review of Administrative Sciences. Vol. 0. 2019, No 0. – P. 1-18 (Article first published online: January 22, 2019).

5. *Gil-Garcia R., Dawes Sh., Pardo T.* Digital government and public management research: finding the crossroads // Public Management Review. Vol. 20. 2018, № 5. – P. 633-646.

6. *Parés M., Bonet-Martí J., Martí-Costa M.* Does Participation Really Matter in Urban Regeneration Policies? Exploring Governance Networks in Catalonia (Spain) // Urban Affairs Review. Vol. 48. 2012, № 2. – P. 238–271.

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ТУРИЗМА ВО ФРАНЦИИ

Трегуб И.В.[1], Маргри Ш.[2]

[1]*Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва, Ленинградский пр. д.49*
itregub@fa.ru,

[2]*Бизнес-школа Южной Шампани, Труа Седекс,*
Франция 217, авеню Пьер Брюссолетт 2071
CharlesMargry@yschools.eu

Аннотация: В данной статье в качестве одного из инструментов инвестиционного анализа предложена методика эконометрического моделирования для прогнозирования величины денежных потоков при оценке эффективности инвестирования в туристическую отрасль. Показано, что ключевую роль в принятии управленческих решений для развития туризма является выявление факторов, оказывающих влияние на ключевые переменные отрасли, к которым относится поток туристов и средняя величина чека в расчете на одного туриста. Результаты исследования апробированы на статистических данных Франции с 1995 по 2018 год.

Ключевые слова: Инвестиционный анализ, эконометрика, туризм, денежные потоки, количество туристов.

Введение

На сегодняшний день по данным Всемирной туристской организации (World Tourism Organization) – учреждения Организации Объединенных Наций, развитие туризма является неотъемлемой частью устойчивого развития национальных экономик. Поэтому особенно важно исследовать пути, способные привести к развитию и росту туристической отрасли. В данной работе мы изучили возможность применения методики эконометрического анализа для выявления ключевых показателей, формирующих возвратные денежные потоки при инвестировании в туристическую индустрию развитых стран. Исследование осуществлено на примере Франции, занимающей седьмое место в мире по величине валового внутреннего продукта (ВВП) и имеющую множество возможностей для инвестирования во все отрасли национальной экономики, в том числе и туризм.

Туризм является одной из самых важных частей экономики Франции. На него приходится большая часть национального ВВП. Так, например, в 2014 году во Франции было 84 миллиона туристов, что принесло экономике Франции около 150 миллиардов евро (около 7% от ВВП) и сделало Францию самой посещаемой страной в мире по сравнению даже с США и Испанией. Франция инвестирует в свой туризм разными способами, например, в обеспечение безопасности, после теракта во Франции в 2015 и 2016 годах правительство потратило гораздо больше средств на охрану полиции, но также и на безопасность, например, на разработку и внедрение планов эвакуации при массовых беспорядках.

Существует также инвестиции в инфраструктуру, такую как Лувр, чтобы привлечь все больше и больше туризма, но также и в рекламу. Всем известно, что Франция известна во всем мире своей Эйфелевой башней, Нотр-Дам-де-Пари, которые являются самым рекламируемым памятником. Особенно актуально данное исследование именно сейчас, поскольку принятие грамотных управленческих решений по вопросам развития туризма, особенно в части прогнозирования туристических потоков, будет способствовать эффективной стратегии проведения мероприятий по подготовке и проведению Олимпийских игр, которые состоятся в 2024 году в Париже.

1 Предыдущие исследования

Многие статьи изучают как положительное влияние туризма на экономику, связанное с ростом вклада доходов от туриндустрию в ВВП [2,4,11,12], так и негативное влияние, оказываемое возрастающим потоков туристов на окружающую среду и, как следствие, приводящее к отрицательному воздействию на экономику [7-10].

Ряд статей посвящен изучению различных видов туризма (гастрономического, культурного, природного) с позиции формирования функции спроса в региональном аспекте.

Некоторые авторы [9] показывают, что туризм сегодня включает в себя широкий спектр экономических и социальных мероприятий в международном масштабе и охватывает все социальные классы. В этих работах туристический сектор не представляет собой особый сектор экономики, но включает товары и услуги из различных секторов. В исследованиях авторы сфокусировали внимание на иностранном туризме в связи с его главным влиянием на изменения, внесенные в социальную и экономическую структуру страны, принимающей туристов.

Детальный обзор научных публикаций последних десяти лет показал, что работы по исследованию эффективности государственных расходов на туризм с оценкой величины возвратных инвестиционных потоков не проводились.

2 Методика

Проблемы управления развитием любой из отраслей народного хозяйства связаны, как правило, с решением задач анализа эффективности инвестиций в отрасль. Под инвестициями обычно понимают вложение денежных средств с ожиданием получения прибыли в будущем.

При осуществлении анализа инвестиций в туристическую индустрию для принятия управленческих решений, направленных на развитие отрасли, ожидаемые потоки платежей будем предполагать зависящими, в первую очередь, от количества приезжающих туристов и величины денежных средств, которые они тратят в стране пребывания. Так, что справедливо выражение

$$CF_t = f(N_t, P_t) = \sum_{i=1}^{N_t} P_{it} \quad (1)$$

где CF_t - денежный поток от инвестирования, который поступит в году t, N_t - количество прибывающих туристов в году t, P_{it} - средний чек одного i-ого туриста в году t

Величины среднего чека и количества величина турпотока (количество прибывающих туристов) заранее не известна. Для прогнозирование этих переменных в работе предлагается использовать

эконометрическое моделирование, позволяющее не только получить прогнозное значение исследуемой величины, но и выявить факторы, оказывающие непосредственное влияние на это значение. Выявленные детерминанты могут служить управляющими переменными в задачах принятия управленческих решений.

В предположении линейной зависимости изучаемых переменных от факторов их определяющих, общий вид для величины среднего чека и количества прибывающих туристов будет иметь вид

$$(2) \qquad P_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_{jt} \cdot X_{jt} + \gamma_t; \qquad N_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i \cdot Z_{it} + \varepsilon_t,$$

где $\alpha_0, \alpha_{it}, \beta_0, \beta_{jt}$ - параметры эконометрических моделей, оценку которых будем осуществлять методом наименьших квадратов с использование выборки наблюдений за экономическими и социальными переменными.

В уравнениях (2) набор факторов, оказывающих влияние на величину турпотока (N_t) и величину среднего чека (P_t) в году с номером *t* обозначены как Z_{it} и X_{jt} соответственно.

Таким образом, задача управления развитием туризма с применением эконометрических методов сводится к выявлению факторов, оказывающих существенное влияние на переменные N_t и P_t, оценке степени влияния на исследуемые показатели, построение прогноза динамики ключевых переменных инвестиционного проекта для оценки эффективности государственных и частных инвестиций в туристическую отрасль.

3 Полученные результаты

В таблице 1 представлены результаты оценки эконометрической модели. Зависимая переменная количество приезжающих в стану туристов.

Таблица 1. Оценки коэффициентов модели въездного туризма.

Объясняющая переменная	**Коэффициент (Стандартная ошибка)**	**Объясняющая переменная**	**Коэффициент (Стандартная ошибка)**
Константа	1482,460*** (515,093)	Выбросы CO_2 (тонн)	−401,702** (173,174)
Сборы за использование интеллектуальной собственности, (в текущих ценах, млрд. долл.)	−2,969 (0,953)	Численность беженцев по стране или территории убежища	0,00018** (0,00007)
Площадь леса (тыс. кв. Км)	−10,944*** (3,675)	Выбросы азота (тонн)	−0,0087*** (0,003)
Иммунизация против кори (% детей в возрасте 12–23 месяцев)	0,913* (0,532)	Умышленные убийства (на 100 000 человек)	− 34,657*** (10,264)
Государственные расходы на борьбу с терроризмом (в текущих ценах млрд.)	0,935*** (0,307)	Ущерб от выбросов твердых частиц (% от ВНД)	−1977,43*** (649,394)
Военные расходы (% от общегосударственных расходов)	−18,137*** (4,994)	Заболеваемость туберкулезом	−4,461*** (1,178)
Продукты питания, напитки и табак (% от добавленной стоимости в производстве)	−0,927049* (0,476)	Текущие расходы на здравоохранение на душу населения (в текущ.ценах)	0,007** (0,003)
R^2_{adj} =0,94	*p*-значение (*F*)=0.0023	Выбросы метана (тонн)	−0,009*** (0,002)

Заключение

Результаты, полученные в работе позволяют выявить управляющие переменные, оказывающие влияние на величину въезжающих туристов. Так, увеличение военных расходов на один процентный пункт от общегосударственных расходов приведет в снижению потока туристов на 18 тысяч в год. В то время как направление государственных расходов на сокращение числа преступлений, например, умышленных убийств, наоборот приведет к увеличению числа приезжающих.

Положительное влияние на въездной туризм оказывает финансирование экологических вопросов, связанных с уменьшением число вредных выбросов в атмосферу парниковых газов: углекислого газа, метана, азота, а также твердых бытовых отходов.

Инвестирование в здравоохранение – расширение охвата иммунизацией против кори, мероприятия по купированию заболеваемостью туберкулезом, увеличение текущих расходов на здравоохранение на душу населения оказывает положительное влияние на международный туризм.

Интерес также представлял проблема вынужденных переселенцев. По результатам проведенного исследования показано, что увеличение числа беженцев не приводит к сокращению турпотока. Положительное влияние на динамику туристической отрасли оказывает также увеличение государственных расходов на борьбу с терроризмом.

Подходы, используемые в рамках проведенного исследования, дают возможность эффективно решать задачи управления развитием туризма в любой стране мира. При этом не только оценить прогнозные значения возвратных инвестиционных потоков, но также позволяют выявить наиболее чувствительные сектора экономики, увеличение государственных расходов на развитие которых одновременно окажет положительное влияние на рост туристической отрасли в национальной экономике.

Литература

1. *Ramesh Durbarry. Thea Sinclair.* The Case of French Tourism Demand // Market shares analysis 2003
2. *Tregub I.V.* Econometrics. Model of real system. – M.: PSTM. 2016. 164 p.
3.*Chang-Jui Lin, Tian-Shyug Lee* Tourism Demand Forecasting: Econometric Model based on Multivariate Adaptive Regression Splines, Artificial Neural Network and Support Vector Regression, 2013
4. Nikolaos Dritsakis and Spiros Athanasiadis An econometric model of tourist demand: The Case of Greece
5. *Tolga Aktürk, Dr. C.* Coşkun Küçüközmen An econometric approach to tourism demand: Arrivals from UK and Australia to Turkey
6. *J. Hanna, L.* Lévi & S Intra-tourism trade, income distribution and tourism endowment: an econometric investigation. Petit, 2015
7. *Трегуб И.В*. Математические модели динамики экономических систем. – М.: Русайнс. 2018. 120 с.
8. *Tregub I.V.* International diversification. – M.: PSTM. 2015. 164 p.
9. *Трегуб И.В.* Имитационное моделирование. – М.: Финансовая академия. 2009. 120 с.
10. *Трегуб И.В*. Методы визуализации модельных исследований. – Saarbrucken, 2013. 164 с.
11. *Трегуб И.В*. Эконометрика на английском языке. Учебное пособие. – М.: Русайнс, 2017. 164 с.

НЕИНВАРИАНТНОСТЬ КОНСЕНСУСА В МОДЕЛИ ФРЕНЧА-ДЕ ГРООТА, КОГДА МНЕНИЯ АГЕНТОВ ЯВЛЯЮТСЯ ВЕРОЯТНОСТНЫМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМИ, А ИТОГОВОЕ МНЕНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ДОЛЖНО БЫТЬ ВЫРАЖЕНО ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ ЧИСЛОМ[120]

Федянин Д.Н.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
dfedyanin@inbox.ru

Аннотация: Я рассматриваю условия, при которых консенсус об инвариантности сохраняется в модели Френча-де Гроота, когда мнения агентов являются вероятностными распределениями, а итоговое мнение социальной сети должно быть действительным числом. В статье показана неинвариантность нормального распределения, бета-распределения и инвариантность класса квази-квадратичного распределения..

Ключевые слова: модель Де Гроота, социальные сети, нечеткая логика, агрегация мнений, здравый смысл, социальный выбор, статистика

Введение

Де Гроот написал следующее в своей знаменитой статье в журнале Американской статистической ассоциации (1973).

‘Рассмотрим группу из k человек, которые должны действовать вместе, в команде или в комитете, и предположим, что каждый из k человек может указать свое субъективное распределение вероятностей для неизвестного значения некоторого параметра θ. В этой статье мы представим модель, которая описывает, как группа может достичь консенсуса и сформировать общее субъективное распределение вероятностей для θ, просто раскрывая свои индивидуальные распределения друг другу и объединяя свое мнение »[10].

[120] *Работа была подготовлена при финансовой поддержке РНФ, проект* 16-19-10609.

Основная идея этой статьи - взглянуть на комбинацию метода агрегации и метода дефаззификации (или отображения), чтобы найти инвариантность, и мы можем показать некоторые новые результаты.

Сама идея дефаззификации вообще не нова. См., Например, есть обзор [18] в Международном журнале интеллектуальных систем (2001).

Тем не менее, это все еще актуальная тема, см., например, статью в Neural Computing and Applications (2019) с заголовком «Консенсусная модель для группового принятия решений в среде трапециевидных нечетких чисел». «Естественные лингвистические термины могут предпочтительно выражать мнения лица, принимающие решения в сложной среде принятия решений. Групповое принятие решений с мультипликативными трапециевидными нечеткими отношениями предпочтений, трансформирующимися из естественных лингвистических терминов, привлекает внимание… »[13].

Со статистической точки зрения наше исследование посвящено свойствам смесей плотностей, что, вообще говоря, является сложной проблемой.

Существуют и другие модели консенсуса [1-5].

1 Компоновка текстового материала

1.1 Оформление начальных элементов

Рассматриваются два сложных механизма коллективного выбора, каждый из которых имеет свой сценарий взаимодействия между агентами.

Рассматриваемые механизмы коллективного выбора являются сложными, поскольку они представляют собой последовательное применение механизма единого выбора для заданного распределения вероятностей на множестве альтернатив и механизма коллективного выбора, который можно понимать как механизм достижения консенсуса. Множество альтернатив компактно на множестве действительных чисел. В обоих сценариях агенты имеют вероятное представление о том, какая альтернатива является более предпочтительной.

В первом сценарии - простой консенсус [8, 11], все агенты выбираются на основе их личных вероятностных распределений для одной альтернативы и применяют одинаковый для всех агентов механизм выбора единственной альтернативы, а результат сообщается другим агентам. , Таким механизмом может быть, например, выбор режима или ожидание. Затем применяется один из механизмов [6 - 8]. Полученное мнение является консенсусом, если предположить, что оно существует [9].

Второй сценарий - глубокий консенсус - изначально применяет механизм коллективного принятия решений, но для распределения вероятностей. Например, если мы используем процесс изменения мнений в модели де Гроота [10], то это будет просто распределение вероятностей, которое будет взвешенной суммой начальных распределений вероятности. Есть еще несколько похожих моделей [14 - 16]. Затем тот же механизм выбора применяется к полученному из единственной альтернативы, которая использовалась агентами индивидуально в предыдущем сценарии.

В результате в каждом из двух сценариев мы получаем одну альтернативу. Например, в более ранних работах [2] было показано, что если механизмы выбора единственной альтернативы - это выбор моды, а механизм коллективного выбора - консенсус де Гроота, то результаты рассмотренных сценариев, как правило, будут другими. В то же время можно показать, что если механизм выбора единственной альтернативы заменяется выбором математического ожидания, то результаты рассмотренных сценариев всегда будут совпадать.

В общем случае два сложных механизма можно сравнить по некоторому критерию, в роли которого может выступать данная функция полезности центра. Также можно проследить, как, учитывая ограничения, контроль со стороны центра над параметрами механизмов и начальным распределением вероятности агентов должен быть для того, чтобы центр мог достичь для него наилучшего результата. Если на множестве возможных контрольных центров центра есть метрика, то также можно проследить эффективность механизма управления - связь значения критерия целевой функции центра с контрольными затратами в соответствии с выбранной метрикой

Простой консенсус и глубокий консенсус при непрерывно дифференцируемой функции плотности вероятности и только одной моды совпадают тогда и только тогда, когда выполняется следующее свойство.

$$\sum_{i\in N} w_i \arg\max_x f_i(x, M_i) = \arg\max_x \sum_{i\in N} w_i f_i(x, M_i),$$

где $M_i = \arg\max_x f(x, M_i)$.

Обратите внимание, что для непрерывного распределения с одним максимумом и некоторыми другими хорошими свойствами это уравнение должно выполняться

$$\sum_{i\in N} w_i \frac{\partial}{\partial x} f_i(x, M_i) = 0$$

в точке $x = \sum_{i\in N} w_i M_i$.

НЕИНВАРИАНТНОСТЬ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Мы начали с графика связей в социальной сети агентов, но выяснили, что эффект есть даже на общении двух агентов. Давайте сначала проверим нормальное распределение.

Функция плотности вероятности

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Простой консенсус

$$x = \alpha \arg\max_x f(x, M) + (1-\alpha) \arg\max_x f(x, 0) = \alpha M + (1-\alpha)\cdot 0 = \alpha M$$

Глубокий консенсус

$$\frac{\partial}{\partial x} f(x) = -\frac{2(x-\mu)}{2\sigma^3\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} = \frac{(x-\mu)}{\sigma^3\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad \frac{6\sigma_1^2\sigma_2^2}{\mu^2}\log\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\sigma_2^2 - \sigma_1^2\right)\alpha^2 - 2\alpha\sigma_2^2 - \sigma_2^2$$

Это означает, что даже для одного и того же второго момента уравнение неверно для любого веса мнения 1-го агента α, поэтому глубокие и простые утверждения могут отличаться.

Отметим, что для симметричных мнений, отличающихся только модой, в точке α = 1/2 глубокий и простой консенсусы совпадают. Например, для нашего примера, глубокие и простые согласия совпадают при α = 1/2, когда σ1= σ2.

ИНВАРИАНТНОСТЬ

Идея. Для любого числа агентов n> 1, если их представления являются функция плотностями вероятности, совпадающими в интервале между минимальным и максимальным режимами мнений агентов с квадратичным функция плотностями вероятности которые отличаются только модами, тогда глубокий и простой консенсус совпадают.

Литература

1. Flache, Andreas, Mäs, Michael, Feliciani, Thomas, Chattoe-Brown, Edmund, Deffuant, Guillaume, Huet, Sylvie and Lorenz, 'Models of Social Influence: Towards the Next Frontiers' Journal of Artificial Societies and Social Simulation 20 (4) 2 <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/20/4/2.html>. 2017 doi: 10.18564/jasss.3521

2. Chkhartishvili, A., & Kozitsin, I. "Binary Separation Index for Echo Chamber Effect Measuring". In 2018 Eleventh International Conference" Management of large-scale system development"(MLSD (pp. 1-4). IEEE.

3. Kozitsin, I. V., & Belolipetskii, A. A. Opinion convergence in the Krasnoshchekov model. The Journal of Mathematical Sociology, 43(2), 104-121.

4. Kozitsin, I. V. Generalization of Krasnoshchekov's model for the case of a decomposable matrix of social interactions. Mathematical Models and Computer Simulations, 10(4), 398-406.

5. Belolipetskii, A. A., & Kozitsin, I. V. Dynamic variant of mathematical model of collective behavior. Journal of Computer and Systems Sciences International, 56(3), 385-396

6. Agaev, R.P. and Chebotarev, P.Yu., Convergence and Stability in Characteristic Coordination Problems, Upravlen. Bol'sh. Sist., 2010, vol. 30, no. 1, pp. 470–505.

7. Agaev, R.P. and Chebotarev, P.Yu., The Projection Method for Reaching Consensus and the Regularized Power Limit of a Stochastic Matrix, Autom. Remote Control, 2011, vol. 72, no. 12, pp. 2458–2476.

8. Zuev, A.S. and Fedyanin, D.N., Models of Opinion Control for Agents in Social Networks, Autom. Remote Control, 2012, vol. 73, no. 10, pp. 1753–1764. AUTOMATION AND REMOTE CONTROL Vol. 79 No. 6 2018

9. Berger, R.L., A Necessary and Sufficient Condition for Reaching a Consensus Using DeGroot's Method, J. Am. Statist. Assoc., 1981, vol. 76, pp. 415–418.

10. DeGroot, M.H., Reaching a Consensus, J. Am. Statist. Assoc., 1974, no. 69, pp. 118–121.

11. Golub, B. and Jackson, M.O., Na¨ıve Learning in Social Networks and the Wisdom of Crowds, Am.

12. Wu H., Ren P., Xu Z. Hesitant Fuzzy Linguistic Consensus Model Based on Trust-Recommendation Mechanism for Hospital Expert Consultation //IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 2019.

13. Wu, Peng, et al. "A consensus model for group decision making under trapezoidal fuzzy numbers environment." Neural Computing and Applications 31.2 (2019): 377-394.

14. Eisenberg E., Gale D. "Consensus of Subjective Probabilities: The Parti-Mutuel Method". Annals of Mathematical Statistics, 30 (March 1959), 165-168.

15. Savage , Leonard J. “Elicitation of Personal Probabilities and Expectations”, Journal of the Americal Statistical Association, 66 (December 1971), 783-801
16. Norvig, Torsten “Consensus of Subjecive Probabilties: A Convergence Theorem”, Annals of Mathematical Statistics, 38, (February 1967), 221-225.
17. Cardona, Gustavo A., and Juan M. Calderon. "Robot Swarm Navigation and Victim Detection Using Rendezvous Consensus in Search and Rescue Operations." Applied Sciences 9.8 (2019): 1702.
18. Roychowdhury, Shounak, and Witold Pedrycz. "A survey of defuzzification strategies." International Journal of intelligent systems 16.6 (2001): 679-695.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ИЗМЕРЕНИЮ УРОВНЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ

Чхартишвили А.Г.[1], Козицин И.В.[1,2], Гойко В.Л.[3], Сайфулин Э.Р.[3]
[1]*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,*
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
[2]*Московский физико-технический институт,*
Россия, г. Долгопрудный, пер. Институтский д.9
[3]*Томский государственный университет,*
Россия, г. Томск, пр. Ленина д.36
sandro_ch@mail.ru, kozitsin.ivan@mail.ru, goiko.slava@gmail.com, ayfulin@data.tsu.ru

Аннотация: Предложена метрика для измерения уровня поляризации общественного мнения в случае, если взгляды индивидов представлены непрерывными скалярами, исследованы ее свойства. Метрика апробирована на временном ряде, описывающем динамику мнений 4046546 пользователей социальной сети ВКонтакте. Обнаружен рост уровня поляризации применительно к данной фокус-группе.

Ключевые слова: поляризация, онлайновые социальные сети, динамика мнений.

Введение

Под поляризацией общественного мнения обычно понимают процесс, в рамках которого мнения людей притягиваются к двум полярным позициям, в результате чего формируется два лагеря индивидов с противоположными, конфликтующими взглядами, которые вряд ли смогут достичь консенсуса [1]. Данная ситуация может нести угрозу для политической стабильности государства, поэтому необходимо тщательно разобраться в причинах данного явления, а также уметь определять, когда происходит рост уровня поляризации [2].

В данной работе мы предлагаем метрику для измерения уровня поляризации в случае, когда мнения людей моделируются непрерывными скалярами, выражающими их отношение к одной конкретной теме. Данная модель пространства мнений описывает достаточно широкий спектр жизненных ситуаций, в которых необходимо сделать выбор между двумя альтернативами “A” и “B”. В рамках данной модели, мнение индивида i, выражаемое скаляром $p_i \in [0,1]$, обозначает степень его приверженности той или иной позиции: если $p_i = 0$, то индивид безоговорочно выбирает позицию “A”, если $p_i = 1$, то предпочтения отдаются позиции “B”. В случае, когда $p_i = 0.5$, имеет место ситуация полной неопределенности.

1 Индекс поляризации

Рассмотрим группу $N = \{1,...,n\}$ индивидов. Их мнения в момент времени t образуют вектор $\mathbf{p}(t) = \left(p_1(t), \ \ldots \ p_i(t), \ \ldots \ p_n(t) \right)^{\mathrm{T}}$. Не ограничивая общности, далее будем считать, что компоненты вектора упорядочены по неубыванию: $p_1(t) \le \ldots \le p_n(t)$.

Определение 1. Индексом поляризации мнений индивидов *N* (в фиксированный момент времени t) будем называть следующую величину:

(1) $$\pi = \max_{k \in N} \left[4\alpha(1-\alpha)(\mu_1 - \mu_0) \right],$$

где $\alpha = \alpha(k) = \dfrac{k}{n}$, $\mu_0 = \mu_0(k) = \dfrac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} p_i$, $\mu_1 = \mu_1(k) = \dfrac{1}{n-k}\sum_{i=k+1}^{n} p_i$.

Содержательный смысл индекса поляризации следующий. Группа индивидов разбита на два множества в соответствии с их мнениями. Индивиды из первого множества тяготеют к полюсу 0 (их доля α, среднее мнение $\mu 0$), индивиды из второго множества – к полюсу 1 (их доля $(1 - \alpha)$, среднее мнение $\mu 1$). Чем больше различие средних мнений и чем ближе количество индивидов в подмножествах, тем выше поляризация.

2 Свойства индекса поляризации

Свойство 1. Индекс поляризации принимает значения на отрезке [0;1].

Свойство 2. Индекс поляризации (1) принимает максимальное (равное 1), в том и только том случае, когда выборка разделена на две одинаковые по численности группы, мнения которых равны нулю и единице соответственно. Напротив, минимальное значение (равное 0) данная метрика принимает в том и только том случае, когда все пользователи разделяют одни и те же взгляды (неважно, какие именно).

Свойство 3. Рассмотрим всевозможные разбиения индивидов на два множества $N_0(k) = \{1, \ldots, k\}$ и $N_1(k) = \{k + 1, \ldots, n\}$. Индекс поляризации является, с точностью до зависящего только от n множителя, максимальной (по всевозможным k) суммой разностей мнений индивидов, принадлежащих разным частям разбиения:

$$\pi = \left(\frac{4}{n^2}\right) \max_{k \in N \setminus \{n\}} \sum_{i \in N_1(k),\ j \in N_0(k)} (p_i - p_j).$$

3 Анализ динамики поляризации на данных социальной сети ВКонтакте

Апробируем построенную метрику на обезличенных данных о динамике мнений российских пользователей социальной сети ВКонтакте. Данные описываются временным рядом из трех векторов мнений пользователей в некий момент времени, сделанных в феврале, июле и декабре 2018 года: $\bar{\mathbf{p}}(t_1)$, $\bar{\mathbf{p}}(t_2)$ и $\bar{\mathbf{p}}(t_3)$ соответственно. Вектора мнений получены с помощью алгоритма оценивания политических взглядов, который для данного пользователя i генерирует число от нуля до единицы, выражающее степень его поддержки действующего Президента РФ В.В. Путина (подробнее см. [3]). Ноль соответствует максимальной оппозиционности взглядов, единица – абсолютной поддержке. В основе алгоритма лежит модель логистической регрессии, обученная на данных с аккаунтов пользователей, чьи политические взгляды считаются известными. В качестве признаков выступают подписки пользователей на публичные страницы и аккаунты других пользователей, которые имеют более 1000 подписчиков.

Для формирования множества N индивидов были случайно выбраны 4046546 пользователей среди тех, кто удовлетворяет следующим правилам фильтрации: 1) пользователь из России (указал Россию страной проживания при регистрации); 2) возраст не меньше 18 лет на 20 февраля 2018 года; 3) последний раз посещал сеть ВКонтакте не более чем месяц назад на 20 февраля 2018 года.

На рис. 1 приведены гистограммы, описывающие распределения мнений пользователей.

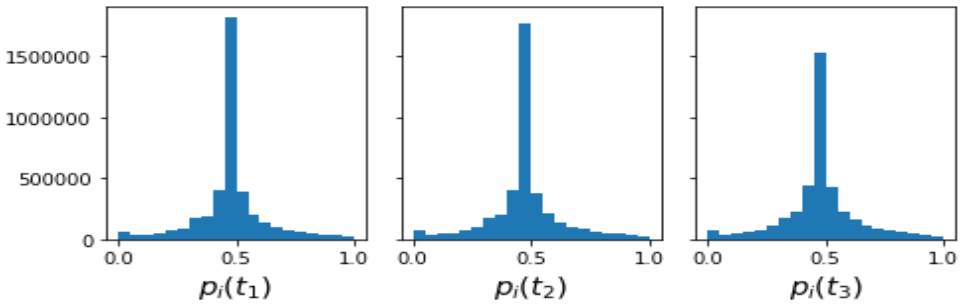


Рис. 1. Распределения мнений пользователей

Среднее значение и стандартное отклонение меняются следующим образом: февраль – 0.479 и 0.148; июль – 0.478 и 0.151, декабрь – 0.477 и 0.158 соответственно. Таким образом, наблюдается незначительное снижение уровня поддержки Президента вкупе с ростом уровня разброса мнений. Второй результат может быть следствием поляризации.

Динамика индекса поляризации, а также его составляющих приведена в табл.1.

Таблица 1. Динамика индекса поляризации

Момент времени t	π	α	μ_0	μ_1
Февраль 2018	0.177	0.367	0.358	0.549
Июль 2018	0.184	0.368	0.352	0.551
Декабрь 2018	0.202	0.407	0.353	0.562

Как видно из табл.1, уровень поляризации (1) растет со временем за счет роста доли α пользователей, тяготеющих к полюсу 0, и сдвига вправо среднего мнения μ_1 пользователей, тяготеющих к полюсу 1. Данный результат объясняет рост уровня разброса мнений и побуждает задуматься о причинах, из-за которых общество становится более поляризованным.

Литература

1. B*arberá P.* How social media reduces mass political polarization. Evidence from Germany, Spain, and the US // Job Market Paper, New York University. Vol. 46. 2014.
2. *Mäs M., Flache A.* Differentiation without distancing. Explaining bi-polarization of opinions without negative influence // PloS one. Vol. 8. 2013. №. 11.
3. *Козицин И.В. и др.* Моделирование политических взглядов российских пользователей ВКонтакте // Математическое моделирование. В печати.

НАСКОЛЬКО ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫМ МОГ БЫТЬ ЕВРОПЕЙСКИЙ ПАРЛАМЕНТ?

Чурбанов В.И.

Независимый исследователь, Россия, г. Москва
vichinf@mail.ru

Аннотация: При контроле качества распределения парламентских мест по странам-членам ЕС предлагается использовать решения задач о потолочной средней полносильности и о потолочной равносильности граждан ЕС при текущей цельности (интегрированность стран) ЕС и корреляционные шкалы дегрессивности композиции Европарламента.

Ключевые слова: цельность ЕС, смесь режимов блочного и вольного голосования депутатов, регуляризация задач о верхней огибающей отрезков, представительный паспорт парламента.

Ключевые фразы. (1) There's a fairer way to allot seats in the European Parliament, mathematicians say – but politicians don't like it. (Science, Mar. 8, 2018.) (2) Parliament decreed <…> an allocation of seats for the 2019 elections that realises degressive proportionality, but otherwise lacks methodological grounding. The allocation emerged from haggling and bargaining behind closed doors. (*Representation – Journal of Representative Democracy, 2018, № 2.)*

1 Двадцать одна договорная композиция Европарламента (ЕП), включая три прото-ЕП

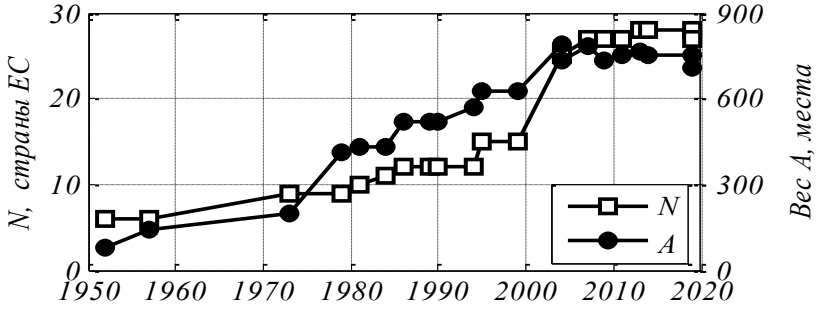


Рис. 1. Исторические композиции ЕП [1].

2 Средняя полносильность (СПС) и равносильность граждан ЕС и дегрессивность композиции ЕП – вектора веса стран *a*

В нашу модель A-местного ЕП заложено, что депутаты N стран людности b, представляющие $b_{\oplus}$ граждан Союза, могут принимать решения добрым большинством в режимах блочного и вольного голосования с вероятностями $(1-\lambda)$ и λ соответственно, где вероятность λ истолкована как текущая цельность ЕС.

СПС и равносильность граждан и дегрессивность композиции ЕП с позиции стран и с позиции граждан определяются так:

(1) $$\Psi^{(\lambda)}(b \to a) = (1-\lambda)\cdot\left\|F(a)\right\|\cos\angle\left(F(a),\sqrt{b}\right)+\lambda\cdot\left\|F(\mathbf{1}_A)\right\|\cos\angle\left(\sqrt{a},\sqrt{b}\right),$$

(2) $$X^{(\lambda)}(b \to a) = (1-\lambda)\cdot\cos^2\angle\left(F(a),\sqrt{b}\right)+\lambda\cdot\cos^2\angle\left(\sqrt{a},\sqrt{b}\right),$$

(3) $$d^{(\lambda)}(b \to a) = (1-\lambda)\cdot\tau\left(\mathrm{diag}^{-1}\left(\sqrt{b}\right)\cdot F(a),\ -b\right)+\lambda\cdot\tau\left(\mathrm{diag}^{-1}(b)\,a,\ -b\right),$$

(4) $$D^{(\lambda)}(b \to a) = (1-\lambda)\cdot\tau\left(G\cdot\mathrm{diag}^{-1}\left(\sqrt{b}\right)\cdot F(a),\ -G\cdot b\right)+\lambda\cdot\tau\left(G\cdot\mathrm{diag}^{-1}(b)\,a,\ -G\cdot b\right),$$

где $F(a)$ и $F(\mathbf{1}_A)$ – векторы сил Пенроуза национальных блоков и вольных депутатов соответственно, $\|\bullet\|$ – евклидова норма, $\sqrt{\mathrm{column}(x_1,...,x_N)} = \mathrm{column}\left(\sqrt{x_1},...,\sqrt{x_N}\right)$, $\tau(x,y)$ – коэффициент корреляции векторов *x* и *y* по шкале TauB Кендалла и $G = \bigoplus_{i=1}^{N}\mathbf{1}_{b_i}$.

На рис. 2. показаны характеристики части ЕП, включая ЕП 2019 (без Британии) по проекту конституционного комитета ЕП (AFCO). Если политиков волнует СПС граждан ЕС, то в ЕП 2019 могут возобладать дезинтеграционные тенденции ($\partial\Psi/\partial\lambda$ < 0), а если равносильность – интеграционные. Здесь дегрессивность с позиции стран $d_{2019} \approx d_{1957}$, но в 2019-м блочная сила стран Бенилюкса уже отлична от нуля и даже сила Мальты положительна. Если текущая цельность $\lambda \approx 1/2$, то композиция, предложенная AFCO, беспристрастна к людности стран с позиции граждан по шкале *D*.

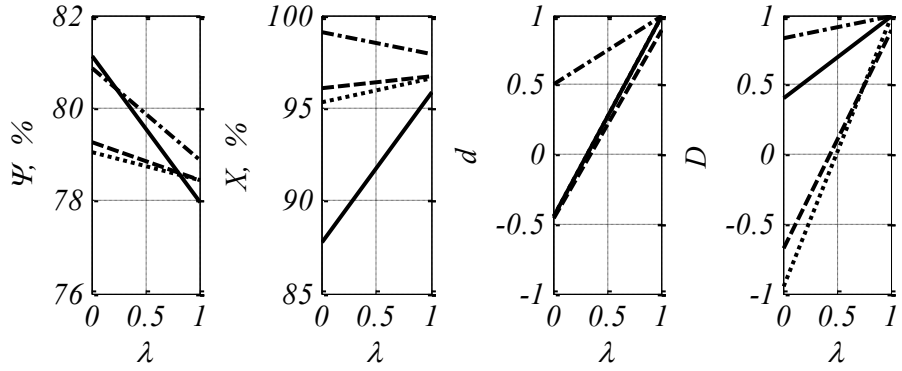


Рис. 2. Характеристики четырёх ЕП: ▬▬ 1957, ▬ ▪ ▬ 1979, ▬ ▬ ▬ 2004, ▪ ▪ ▪ ▪ 2019 (27 стран, проект AFCO).

Сравнение проектов композиции ЕП из [2] показывает, что утверждённый проект AFCO превзошёл по СПС и равносильности финальные проекты групп Пукельсхайма и Рамиреса-Гонсалеса при текущей вероятности вольного голосования λ = 0.6 (оценка ряда политологов и электологов ЕС).

3 Задачи о потолочной СПС и о потолочной равносильности ЗоПСПС и ЗоПРС

ЗоПСПС $\Psi^{(\lambda)}(b\to a) \to \max!$ по $a\in W$ и ЗоПРС $X^{(\lambda)}(b\to a) \to \max!$ по $a\in W$ мы решали сразу для всех λ от 0 до 1 (как задачи о верхней огибающей отрезков прямых) на различных множествах кембриджских, гранадских и натуральных пробных композиций *W*, определяемых так:

(5) $$CamCom\left(b\middle|A,\ a^-,\ a^+,\ \overline{a},\ \mu,\ \Theta\right) = \overline{a} + \bigcup_{\vartheta\in\Theta}\arg\min_{\tilde{a}\in W} SL\left(b^{1+\vartheta}\to\tilde{a}+\mu\right),$$

(6) $$GraCom\left(b\middle|A,\ a^-,\ a^+,\ \overline{a},\ \mu\right) = \overline{a} + \bigcup_{0\le\omega\le 1}\arg\min_{\tilde{a}\in W} SL\left((1-\omega)\frac{\sqrt{b}}{\left(\sqrt{b}\right)_\oplus}+\omega\frac{b}{b_\oplus}\to\tilde{a}+\mu\right),$$

(7) $$NatCom\left(b\middle|A,\ a^-,\ a^+,\ \overline{a},\ \mu,\ \Theta\right) = \overline{a} + \bigcup_{\vartheta\in\Theta}\arg\min_{\tilde{a}\in W} Ra\left(b^{1+\vartheta}\to\tilde{a}+\mu\right),$$

где $\bar{a}$, a^-, a^+ – базовый и минимально и максимально допустимый вес стран, μ – поправка им. Адамса-Джефферсона, $\vartheta \in \Theta$ – поправка им. Мак-Магона, ω – гранадская поправка (испанская прогрессивность), $SL(x \to y)$ – несоразмерность вектора *y* вектору *x* по шкале Сент-Лагё, $Ra(x \to y) = \sin^2 \angle\left(\sqrt{y},\ \sqrt{x}\right)$ – несоразмерность векторов *x* и *y* по шкале им. Раковера.

При отыскании потолочной СПС и потолочной равносильности – кусочно-линейных функций цельности λ – расчёт пробных композиций $a \in W$ и соответствующих им поправок ϑ или ω обычно превосходит по временной трудоёмкости стадию построения верхних огибающих пробных отрезков.

На рис. 3 представлено решение ЗоПСПС для ЕП 2019 (27 стран) на 175 гранадских композициях (6), сгенерированных при параметрах A = 705, a^- = 6, a^+ = 96, $\bar{a}$ = 3 и μ = 0, взятых в одном из промежуточных проектов группы Рамиреса-Гонсалеса. Кроме потолочной СПС Ψ_+, на рис. 3 показана СПС Ψ_{AFCO} для утверждённого проекта. Прямоугольники оптимальных поправок ω соответствуют 24 звеньям ломаной Ψ_+ и 24 полносильнейшим композициям *a*, чья дегрессивность по шкалам *d* и *D* меньше чем 1 при всех λ. Здесь $\partial\Psi_+/\partial\lambda$ меняет знак при $\lambda \approx 0.6724$ и $\Psi_+ < \Psi_{AFCO}$ в окрестности $\lambda = 0.6$. (Вариацией параметров множества (6) можно обеспечить выполнение условия $\Psi_+ > \Psi_{AFCO}$ при всех λ.) При $\lambda = 0$ поправки ω примерно равны 0.0883, а не 0, как по закону квадратного корня Пенроуза.

$$b^{1+\vartheta} = \mathrm{column}\left(b_1^{1+\vartheta}, ..., b_N^{1+\vartheta}\right),\ \tilde{W} = \left\{\tilde{a} \in \breve{\mathrm{y}}^N :\ \tilde{a}_\oplus = A - \bar{a}_\oplus,\ a^- \le \tilde{a} + \bar{a} \le a^+\right\}.$$

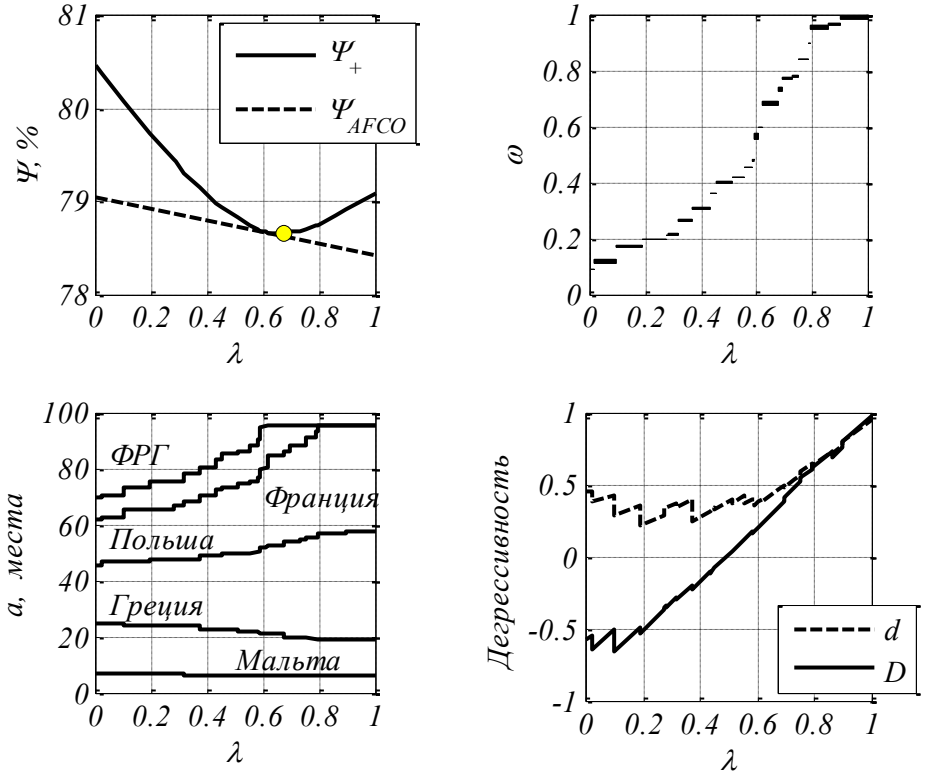


Рис. 3. ЕП 2019 (без Британии): ЗоПСПС на GraCom.

4 Опыт применения

Предложенные шкалы качества представительства земель были опробованы на исторических ЕП, на вариантах композиции ЕП 2019 (до и после Брексита), на нижних и (или) верхних палатах парламентов Британии, Канады, США и ФРГ, на коллегии выборщиков президента США, на территориальной трети Съезда народных депутатов СССР 1989 и на проектах «дегрессивно-пропорциональной» композиции Сената США [3]. О естественности пробных композиций (7) говорит, в частности, то, что текущее распределение мест штатов в Палате представителей США, где λ = 1, оправдывается решением ЗоПСПС и ЗоПРС на *W* = *NatCom* при очевидных параметрах $a^- = \bar{a}$

$= \mu = 0$ и $a^+ = \infty$. Полученные представительные паспорта палат парламентов могут быть интересны не только электологам ЕС.

Применительно к ЕП наши шкалы позволяют уточнить смысл булевой дегрессивности Ламасура-Северина ($d = 1$ в предположении, что цельность λ возросла до 1) и сравнивать проекты депутатов и экспертов по СПС и равносильности граждан ЕС (вместо шкал Роуза и Лыко, например). Если законодатели сочтут возможным закрепить методику распределения мест по странам ЕС, её целью, на наш взгляд, могла бы стать оптимизация СПС или равносильности граждан при нормативно задаваемых текущих значениях цельности λ и параметров одного из пробных множеств (5) – (7).

Литература

1. *Baysal A.*. National representation in European democracy: Seat apportionment in the European Parliament: conference paper / EUSA Fifteenth Biennial Conference 2017, Miami, Florida. – 45 pp.
2. *Pukelsheim F., Grimmett G.,R.* Degressive representation of member states in the European Parliament 2019–2024. // Representation – Journal of Representative Democracy. Vol. 54. 2018. № 2. – P.147-158.
3. *Orts E.W.* Senate democracy: working paper. / University of Pennsylvania. 2019. – 78 pp. https://faculty.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2018/12/Senate.Democracy.1.3.19.really.final_.pdf.

УПРАВЛЯЕМОЕ ЕСТЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЯ ГЕОТРИОНОВ РОССИИ И МИРА ПОСРЕДСТВОМ КАСКАДА СИНЕРГИЙ И КОРРЕКТИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ ЛЮДЕЙ

Чудин А. А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
aachu39@mail.ru

Аннотация: Разработан метод управления развитием геотрионов России и мира, позволяющий посредством каскада синергий создавать новые орудия труда, а затем посредством мягкой силы, воздействуя на мотивацию людей, изменять состояние проблемных регионов страны и мира, используя энергетику самого геотриона

Ключевые слова: неравновестности, геотрион, потоки ресурсов, синергетический эффект

1 Цель работы

Целью данной работы является разработка метода управления естественным развитием геотрионов России и мира. С тем, чтобы этот метод позволял бы людям успешно решать проблемы, возникающие в процессе их исторического развития, оперативно отвечая на возникающие вызовы. Разработанный в работе механизм создания синергетического эффекта на регулярной основе позволяет достичь этой цели. Указанный механизм позволяет мотивировать слои населения соответствующего региона страны и мира таким образом, что они были способны приращивать свои ресурсы в этом регионе и справедливо перераспределять их между собой, используя принцип гармонизации.

2 Механизм обеспечения управляемого естественного развития геотриона на основе синергетического геотрионного подхода.

С этой целью дадим определения терминов основных элементов, из которых он состоит. Перечислим основные элементы геотрионного синергетического подхода: механизм развития, причина развития, двигатель развития, регулятор развития геотрионов России и мира, а также цель управления, критерий правильности и эффективности управления. Определение геотриона и его свойств дано ниже. Суть механизма развития геотриона заключается в последовательном выполнении трех действий, называемых триплетами: ситуация, оценка, реакция. Возможно единственной причиной возрастания порядка в мире, как выяснил И. Пригожин [1] являются неравновесности. В каждой новой ситуации в различных структурах геотриона земного мира постоянно возникают неравновесности. Между неравновесными структурами геотриона неизбежно начинают протекать потоки энергии, под которыми понимаются потоки ресурсов, имеющиеся в этих структурах. Например, между тремя частями геотриона: населением экономикой и территорией (природой). Указанные виды ресурсов в свою очередь подразделяются на три вида: материальные, энергетические и информационные. С позиций людей термин неравновесность можно отождествить с

термином неудовлетворенность. В результате таких процессов возникает дисбаланс между потребностями людей (то есть спросом) и их возможностями (то есть предложением).

Указанные потоки энергии (ресурсов), протекающие между неравновесностями, могут носить, либо положительный, но, возможно, недостаточно положительный, либо вообще деструктивный характер. Суть двигателя развития геотриона заключается в образовании именно указанных потоков ресурсов. Известна пословица: рыба ищет, где глубже, а человек (заметим, со своими ресурсами), где лучше. Характерными примерами неравновесностей могут служить регионы, с высоким социальным обеспечением и низким социальным обеспечением, с высоким экономическим и низким экономическим уровнем развития, с мягким климатом и жесткими климатическими условиями. Негативными примерами потоков ресурсов между структурами геотриона могут служить: миграция беженцев, бегство капитала, климатическое взаимодействие между регионами, например перенос загрязняющих веществ воздушными или водными потоками.

Геотрионный метод, использующий механизм создания синергетического эффекта на регулярной основе позволяет регулировать и целенаправленно управлять потоками указанных ресурсов и устранять негативные последствия, которые они производят.

С позиций людей дисбаланс между потребностями и возможностями людей часто можно отождествить с терминами: неэффективность, неправда, несправедливость. Механизм создания синергетического эффекта на регулярной основе способен устранить любую неэффективность. Такое свойство означает, что все пока еще сохраняющиеся в мире неправды, несправедливости можно понимать как то, что до них пока еще не разработан соответствующий синергетический эффект или каскад синергий. Земной мир, имеется в виду геотрион мира всегда (то есть изначально) развивался и продолжает развиваться посредством каскада синергий.

Авторами геотрионного подхода предложен простой и понятный способ управления развитием геотрионами России и мира. С этой целью необходимо сначала организовать мониторинг возникновения неравновесностей, вызывающих в них положительные или негативные потоки ресурсов, которые в свою очередь вызывают в этих регионах различного вида неудовлетворенности, а в крайних проявлениях острые социальные и политические конфликты. После этого необходимо своевременно устранять негативные ощущения людей посредством механизма создания синергетического эффекта на регулярной основе. В том случае, когда Россия и мир воспользуются данным способом управления и взаимодействия, тогда все возникающие в регионах угрозы и вызовы, можно будет устранять без силовых акций, шоковой терапии и социальных взрывов посредством механизма создания синергетического эффекта на регулярной основе. Геотрионный метод рекомендует делать это только тогда, когда в проблемных регионах созреют достаточные политические силы и возникнут необходимые условия. Уверенно же определить степень зрелости указанных сил и условий (имеется в виду поддержку намеченных реформ со стороны общества) можно посредством механизма востребованности, входящего в состав механизма создания синергетического эффекта на регулярной основе.

Целью управления естественным развитием геотриона является прирост в нем ресурсов и правильное (гармоничное) перераспределение их между слоями населения геотриона. Критерием правильности перераспределения ресурсов является принцип гармонизации, в котором каждый слой населения вознаграждается пропорционально той доли вклада, которую он внес в общую копилку страны. Критерием эффективности управления является уровень поддержки или не поддержки населением своими ресурсами управляющего воздействия, исходящего от управленцев.

Регулятором правильного, эффективного и справедливого развития геотрионов России и мира (геотриона) может и должен стать механизм востребованности, входящий в состав механизма создания синергетического эффекта на регулярной основе. По мнению авторов геотрионного подхода, только с помощью этого регуляторного механизма можно достичь гармонии между странами, отдельными людьми, а также природой. Только в этом случае результирующий вектор развития указанных субъектов можно будет целенаправленно смещать в сторону единения стран и народов, а также направлять его в сторону устранения розни мира сего. Современная наука определила нынешнее человечество, как общество риска.

Это означает, что современное человечество ныне уже не способно гарантированно обеспечить себе свое дальнейшее существования. Опасность проистекает от дисбаланса между огромной технологической мощью и духовно нравственной немощью современного человечества. Человечеству необходимо незамедлительно смещать опасное направление результирующего вектора развития геотрионов планеты в сторону единения, выверенного в социальном и духовном отношении международного права. Синергетический геотрионный подход, разработанный в данной работе,

может стать эффективным и действенным средством для достижения указанной цели. В этом случае только выбор свободной воли людей может определить границы применимости геотрионного подхода и успех его реализации. Именно согласованное взаимодействие управленцев со слоями общества и тенденциями в природе порождает режим со - содействия и синергетический эффект. Иначе негативные, разрушительные процессы в геотрионе с непредсказуемыми последствиями неизбежны.

3 Аксиоматика подхода и используемые термины

Под термином геотрионы понимаются фундаментальные объекты земного мира, которые являются одновременно развивающимися субъектами мировой истории, обладающими способностью принимать разумные решения на основе выбора своей свободной воли. Геотрионы имеют три сферы своей жизнедеятельности: социальную, экономическую и территориально - экологическую. Геотрионы, как объекты земного мира, имеют сложносоставную структуру и бывают разного масштаба. Наибольший масштаб имеет геотрион планеты Земля.

Далее в порядке уменьшения масштаба имеют геотрионы: стран, регионов, городов, корпораций. Наименьшие масштабы имеют самые многочисленные геотрионы промышленных предприятий и фермерских домохозяйств. Геотрионы большего масштаба часто содержат внутри себя вложенные друг в друга иерархические структуры геотрионов меньшего масштаба [2].

4 Характерные особенности и суть механизма создания синергетического эффекта на регулярной основе

Сутью этого механизма является корректирование механизмов естественного развития геотриона посредством использования семи групп нижеперечисленных управленческих геотрионных механизмов – технологий, начиная с механизмов создания в геотрионе синергетического эффекта и кончая механизмами мягкого или согласованного управления. Перечислим их: синергетичности, доверительности, естественного развития, востребованности, корректирования мотивации, обобщенного орудия труда, мягкого управления [3].

Указанные управленческие геотрионные механизмы – технологии реализуются посредством следующих действий. Перечислим некоторые из них. Посредством кооперации (механизм синергетичности). Посредством организации режима доверия (механизм доверительности), включающего в себя обеспечение гарантий доверия (например, залога имущества и санкций). Посредством организации мониторинга за соблюдением доверия, организации поощряюще - запрещающих воздействий на структуры, соблюдающие и нарушающие доверие.

Все эти действия осуществляются с той целью, чтобы затем организовать режим со – содействия в объединенной новой структуре геотриона (механизм востребованности). В частности, режим со - содействия обеспечивается посредством единства мотивации людей, (то есть посредством объединения их истинных потребностей и реальных возможностей, (механизм корректирования мотивации людей) в геотрионе между следующими структурами.

Укажем, между какими структурами это удается сделать. Между властью и обществом. Между слоями общества. Между тенденциями развития геотриона, как в природе, так и в обществе. Например, в: социальной, экономической и территориально – экологической сфере жизнедеятельности геотриона. Между истинными, а не навязанными СМИ потребностями людей и их мотивациями при выборе ими своих предпочтений на основе проявления свободной воли. Между потребностями людей и потоками энергии, протекающими в геотрионе [3].

Результатом указанного взаимодействия является способность создавать множественные синергетические эффекты, обеспечивая режим доверия, контроля за соблюдением договоренностей, а затем и организуя режим со – содействия между ними, что позволяет им взаимно увеличивать свои ресурсы. Подчеркнем, что отсутствие этого механизма – технологии и его разбалансировка являются одной из главных причин возникновения негативных: социальных, экономических и территориально экологических проблем, как в отдельной стране, так и во всем мире.

Выводы

Управленческие геотрионные механизмы – технологии создают принципиально новые и эффективные подходы к управлению тремя частями геотриона: социальной, экономической и территориально – экологической сферами жизнедеятельности страны. Осуществляется это посредством использования синергетических управленческих переменных: открытости, согласованности и энтропийности, а также посредством социологических управленческих переменных, позволяющих измерять уровни поддержки различными слоями населения геотриона своими ресурсами управленческие воздействия на геотрион, исходящие от управленцев. Здесь

имеется в виду реакция населения на управленческие воздействия, исходящие от управленцев. Она проявляется, либо на уровнях: участия, содействия, сочувствия. Либо на уровнях: противодействия, враждебности, неприятия.

По сути дела - это качественно новый уровень управления экономикой, а также социальной и экологическими сферами жизнедеятельности страны. Именно согласованная реакция населения на текущую ситуацию в геотрионе является причиной справедливого или несправедливого перераспределения ресурсов в геотрионе между слоями населения. Эта реакция вкупе с мощностью и эффективностью выбранного управленческого воздействия, определяемого уровнем достигнутого научно технического прогресса, является причиной процветания или, напротив, деградации развития той или иной страны. Главным фактором успешного экономического развития любой страны в настоящее время является научно технический прогресс, а не факторы труда и капитала, как это было до сих пор.

По мнению авторов геотрионного подхода, это новый уровень развития науки управления, следующий после синергетики. Например, если синергетика изучает и позволяет создавать синергетические эффекты в только одной из трех сфер жизнедеятельности людей по отдельности, имеется в виду в: социальной сфере, экономике и экологии, то геотрионика позволяет создавать на регулярной основе синергетические эффекты в трех указанных сферах одновременно.

Литература

1. *Пригожин И., Стенгерс И.* «Порядок их хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ/ Общ. Ред. Аршинова В.И, Климовича Ю.Л и. Сачкова Ю.В. – М.: Прогресс, 1986 г.
2. *Матрусов Н.Д, Чудин А. А.* «Основы целостного подхода к управлению региональными структурами население – хозяйство – территория» 2014 г.
3. *Чудин А.А.* «Геотрионика новый универсальный инструмент для построения в России и мире гармоничного общества». Журнал Инвестиции и инновации. №8 2018 г.

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ БОЕВЫМИ И ВОЕННЫМИ ДЕЙСТВИЯМИ

Шумов В.В.

Отделение погранологии Международной академии информатизации,
Россия, г. Москва, Ленинградский просп., д.3/5
v.v.vshumov@yandex.ru

Аннотация: Комплекс моделей управления боевыми действиями включает вероятностную и теоретико-игровую модель боя, расширение модели динамики боя. Также представлена модель учета общественных издержек на ход и исход войн, позволяющая объяснить проигрыш в войне со слабым в технологическом отношении противником.

Ключевые слова: бой, наступление, оборона, моральный фактор, теоретико-игровая модель.

Введение

Моделирование боевых действий началось во время первой мировой войны [1]. В годы второй мировой войны возник научный метод «исследование операций», дающий в распоряжение военного командования или другого исполнительного органа количественные основания для принятия решений по действию войск или других организаций, находящихся под их управлением.

Поскольку всякий бой, сражение есть взаимодействие с разумным противником, преследующим противоположные цели, то модели принятия решений обычно основаны на использовании методов теории игр [2]. В органах управления объединений, соединений и частей выполняются оперативно-тактические расчеты, основанные на учете боевого опыта и данных военной статистики. Анализ опыта моделирования боевых действий показал, что государство тратит слишком много ресурсов на разработку технических решений в ущерб повышению квалификации военных специалистов по анализу исследования операций [3].

1 Модели боевых действий

1.1 Вероятностная модель боя

Пусть имеются две противостоящих друг другу боевых группы. Боевая численность первой группы равна x, численность второй – y. Обозначим β – параметр боевого превосходства первой стороны над второй. Допустим, что исход боя определяется результатами боестолкновений

отдельных боевых единиц сторон, а сами боевые единицы с точки зрения их боевых возможностей однородны (т.е. каждая боевая единица в равной степени пользуется результатами обеспечения боя, разведки, наведения и т.д.). Тогда, учитывая классическое определение вероятности, определим вероятность победы в бою первой стороны по формуле [4]:

$$p_x(x,y)=\frac{\beta x}{\beta x+y}=\frac{q}{q+1},\quad q=\frac{\beta x}{y}, \tag{1}$$

где q есть соотношение сил сторон (превосходство первой стороны).

С использованием функции правдоподобия найдено выражение для статистической оценки параметра боевого превосходства:

$$\frac{ms}{\beta}-\sum_{i=1}^{m}\frac{x_i}{\beta x_i+y_i}=0, \tag{2}$$

где: m – количество наблюдений за ходом и результатами боев (объем выборки); s – доля боев, в которых победила первая сторона; $x_i > 0$ ($y_i > 0$) – количество боевых единиц первой (второй) стороны, участвовавших в i-м бою.

1.2 Теоретико-игровая модель «наступление-оборона»

Пусть имеется n обороняемых пунктов (районов, участков, направлений) с номерами $i = 1, \ldots, n$, где возможен прорыв средствами наступающих. Обозначим R_x и R_y – количества боевых средств в распоряжении наступающих и обороняющихся. Ресурсы R_x и R_y полагаются бесконечно делимыми, что позволит учесть действия своих, приданных и поддерживающих единиц, когда их усилия попеременно направлены на различные пункты и задачи.

Наступающая сторона состоит из войск первого эшелона, имеющего задачу прорыва обороны хотя бы на одном из обороняемых пунктов, и войск второго эшелона, которые вводятся в прорыв с задачей разгрома второго эшелона (резервов) обороны и выхода на назначенный рубеж в глубине обороны. Вектор средств наступления:

$$x=(x_1,\ldots,x_n,u)\in X=\left\{x\,|\sum_{i=1}^{n}x_i+u=R_x\right\},\ x_i,\ u\in\Re, \tag{3}$$

где: $x_i \geq 0$ – количество средств первого эшелона, имеющих задачу прорыва пункта i; $u \geq 0$ – количество средств второго эшелона.

Обороняющаяся сторона состоит из войск первого эшелона и резерва (или второго эшелона). Задача первого эшелона заключается в недопущении прорыва пунктов обороны, задача резерва (второго эшелона) – в нанесении контрудара в случае прорыва обороны или удержании второй линии обороны. Вектор средств обороны:

$$y=(y_1,\ldots,y_n,w)\in Y=\left\{y\,|\sum_{i=1}^{n}y_i+w=R_y\right\},\ y_i,\ w\in\Re, \tag{4}$$

где: $y_i \geq 0$ – количество средств первого эшелона, имеющих задачу обороны пункта i; $w \geq 0$ – количество средств резерва, предназначенных для нанесения контрудара в случае прорыва пункта i.

Определим целевую функцию первого эшелона наступающих в виде:

$$f(x,y)=\max_{i=1,\ldots,n}\left(\frac{\beta_i x_i}{\beta_i x_i+y_i}\right), \tag{5}$$

где: β_i – параметр боевого превосходства наступающих на i-м пункте обороны.

Доказано [5], что цена игры при прорыве первого эшелона обороны равна:

$$v=\frac{r_x B}{r_x B+r_y}=\frac{r_x\sum_{j=1}^{n}\beta_j}{r_x\sum_{j=1}^{n}\beta_j+r_y},\quad r_x=R_x-u,\ r_y=R_y-w,\quad B=\sum_{j=1}^{n}\beta_j, \tag{6}$$

где: B – агрегированный параметр боевого превосходства первого эшелона наступающих.

Вынужденность обороны непосредственно следует из последнего выражения – с ростом количества пунктов обороны возможности наступающих существенно возрастают.

Определим целевую функцию наступающих в виде:

$$F(u,w)=\frac{B(R_x-u)}{B(R_x-u)+R_y-w}\times\frac{\delta u}{\delta u+w}, \tag{7}$$

(8) $0 < u_1 \le u \le u_2 < R_x,\ \ 0 < w_1 \le w \le w_2 < R_y,$

где: δ – параметр боевого превосходства второго эшелона наступающих над резервом обороны; $u_1 > 0$, $u_2 > 0$, $w_1 > 0$, $w_2 > 0$– малые величины.

Содержательно целевая функция $F(u, w)$ наступающих заключается в максимизации вероятности прорыва первого эшелона и отражении контратаки второго эшелона (резерва) обороняющихся. Целевая функция обороняющихся соответственно равна $1–F(u, w)$, т.е. мы имеем антагонистическую игру. Оптимальные стратегии сторон в бою равны:

(9) $$u^* = R_x D,\quad w^* = R_y D,\quad D = \frac{R_y + BR_x}{2R_y + (B+\delta)R_x} = 1 - \frac{R_y + \delta R_x}{2R_y + (B+\delta)R_x}\cdot$$

Значение параметра D есть доля войск, выделенных во второй эшелон (резерв). Эта доля растет с увеличением параметра B, уменьшается с увеличением параметра δ и мало зависит от численностей боевых единиц сторон.

1.2 Расширение модели динамики боя

Участники боя делятся на три группы: 1) убитые и раненные в бою; 2) уклоняющиеся от ведения боя; 3) активно участвующие в бою. Пусть $u(t)$ и $v(t)$ есть доли пораженных бойцов первой и второй стороны в момент времени t:

(10) $$u(t) = \big(x_0 - x(t)\big) / x_0,\quad v(t) = \big(y_0 - y(t)\big) / y_0,$$

где: $x(t)$ ($y(t)$) – численность войск первой (второй) стороны в момент времени $t > 0$, численности в нулевой момент времени – x_0 и y_0 соответственно.

Полагая, что реакция бойцов на «кровавые потери» подчиняется основному закону психофизики в форме С. Стивенса, запишем вероятности отказа бойцов первой и второй стороны от ведения боя:

(11) $$\pi_x(u(t)) = u(t)^A,\quad \pi_y(v(t)) = v(t)^B$$

или (по определению медианы)

(12) $$0{,}5 = (\lambda_x)^A,\quad 0{,}5 = (\lambda_y)^B,\quad A = \ln(0{,}5)/\ln(\lambda_x),\quad B = \ln(0{,}5)/\ln(\lambda_y),$$

где λ_x и λ_y есть выдерживаемые «кровавые» (убитыми и ранеными) потери первой и второй стороны.

Тогда уравнение динамики высокоорганизованного боя, учитывающее моральные потенциалы участников конфликта, будет иметь вид:

(13) $$\frac{dx(t)}{dt} = -a_y y(t)\big(1 - v(t)^B\big),\quad \frac{dy(t)}{dt} = -a_x x(t)\big(1 - u(t)^A\big)\cdot$$

Задача (13) имеет численное решение.

2 Влияние общественных издержек на ход и исход войн

Победа в войнах не всегда определяется соотношением военных потенциалов государств-участников, чему в истории имеется множество подтверждений (война США во Вьетнаме, война СССР в Афганистане и др.). Для анализа и прогноза исхода войн необходимо учитывать отношение народов к войне.

Пусть имеются две стороны, участвующие в конфликте. Обозначим через $x(t)$ ($y(t)$) численность участников первой (второй) стороны в момент времени $t > 0$, численности в нулевой момент времени – x_0 и y_0 соответственно. Пусть первая сторона имеет решающее превосходство в силах и средствах над второй стороной и, вместе с тем, является агрессором, тогда как вторая сторона считает конфликт справедливым, а победу в нем – крайне важной. Обозначим через X_0 и Y_0 численности населения первой и второй страны в момент начала конфликта. Положим, что за время конфликта естественным приростом (убылью) населения можно пренебречь. Обозначим Λ_x и Λ_y выдерживаемую обществом первой и второй страны долю потерь. Рассмотрим модель с вводом резервов – стороны поддерживают численности своих войск на одном уровне, компенсируя потери. Из уравнений М.П. Осипова и условия постоянства численности войск получим

(14) $$x_R(t) - \beta_y y(t) = 0,\quad y_R(t) - \beta_x x(t) = 0,\quad x_R(t) = x_0 - x(t),\quad y_R(t) = y_0 - y(t),$$

где: β_x и β_y –коэффициенты боевой эффективности первой и второй стороны; $x_R(t)$ и $y_R(t)$ – количество введенного в сражение резерва (равного потерям в ходе боев).

Решение уравнений (14):

(15) $$x_R(t) = x_0 - x(t) = \beta_y \frac{y_0 - \beta_x x_0}{1 - \beta_x \beta_y}, \quad y_R(t) = y_0 - y(t) = \beta_x \frac{x_0 - \beta_y y_0}{1 - \beta_x \beta_y}.$$

Таким образом, нами рассмотрен комплекс моделей боевых и военных действий, включающий вероятностную и теоретико-игровую модель боя, расширение модели динамики боя. Также выполнен учет общественных издержек на ход и исход войн, позволяющий объяснить проигрыш в войне со слабым в технологическом отношении противником.

Литература

1. *Осипов М. П.* Влияние численности сражающихся сторон на их потери // Военный сборник. – 1915. – № 6. – С. 59–74; № 7. – С. 25–36; № 8. – С. 31–40; № 9. – С. 25–37.
2. *Гермейер Ю. Б.* Введение в теорию исследования операций. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит. изд-ва «Наука», 1971. – 384 с.
3. *Bonder S.* Army operations research – historical perspectives and lessons learned // Operation Research. – 2002. – Vol. 50. – No 1. – P. 25–34.
4. *Шумов В.В.* Учет психологических факторов в моделях боя (конфликта) // Компьютерные исследования и моделирование. – 2016. – Т. 8. – № 6. – С. 951-964.
5. *Шумов В.В.* Теоретико-игровая модель обороны стационарных объектов // Системы управления и информационные технологии. – 2019. – № 2 (76). – С. 18–21.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЛОКОВЫХ СТРУКТУР

Щеглова Т. Е.

Научный исследовательский университет Высшая школа экономики,
Россия, г. Москва, ул. Мясницкая д.20
tshcheglova@hse.ru

Аннотация: В статье обосновывается приложение блокмоделинга к обнаружению паттернов поведения в политических группах в социальных сетях. Определение поведенческих паттернов поможет понять степень манипулируемости в данных группах. Прикладное значение работы состоит в рассмотрении сценариев развития ролевых паттернов и прогнозирования социальных последствий.

Ключевые слова: анализ социальных сетей, блокмоделинг, структурные роли, политические группы.

Введение

Информационное пространство социальных сетей, как специфичная социальная и коммуникативная среда является объектом социальной инженерии. В Интернет-пространстве регулярно совершаются попытки повлиять на установки и социальное поведение масс через онлайн-медиа, группы в социальных сетях или отдельных индивидов с тем, чтобы оказать желаемый эффект на целевые аудитории. И онлайн социальные сети играют в этом влиянии ключевую роль, поскольку они, во-первых, предоставляют доступ к конкретным целевым группам пользователей, а, во-вторых, открывают возможности использования новейших механизмов рекламы и продвижения идей и установок.

На протяжении долгого времени сообщества в социальных сетях работают по отлаженной схеме. Структура ролей, существующая в сообществе, позволяет создавать и поддерживать интерес пользователей к определенным политическим тематикам. В онлайн-группе существуют несколько типов пользователей. Прежде всего, пользователи делятся на активных и неактивных. Последние могут различаться: есть те, кто присоединился к группе случайно, другие – состоят в группе давно, но не следят за новостями и обновлениями и просто забывают отписаться, третьи – молча наблюдают за тем, что публикуют и обсуждают в группе. Среди активных пользователей встречаются модераторы, создатели контента, информационные хабы, пользователи, которые ставят «лайки» публикациям или делают репосты, оставляют комментарии (поддерживают дискуссию), спамеры, боты, и т.п. Нахождение структуры ролей и позиций в группе, во-первых, поможет раскрыть схемы манипуляции в онлайн-группах, а во-вторых, позволит членам политической коммуникации понять, как лучше себя вести в конкретных группах и как с ними работать.

Помимо естественного распределения ролей существуют и искусственные, распределяемые по усмотрению алгоритмов социальной сети. Например, недавно в Facebook появились значки-

бейджики, предоставляемые пользователям в зависимости от явно выраженных функций. Присваиваемый и явно демонстрируемый статус может менять восприятие пользователя со стороны других пользователей. Таким образом, статусы можно разделить на явные и латентные. Под латентными статусами мы подразумеваем прежде всего типичную структурную позицию в группе. В данной работе в фокусе исследования находится определение и типологизация латентных статусов, проявляющихся в структурных характеристиках. С одной стороны, моделирование блоковых структур – это математический метод, позволяющий упростить большую, плохо согласованную сеть до меньшей по размеру понятной и интерпретируемой структуры. С другой стороны, этот метод затрагивает такие важные социологические концепты, как позиции, роли и наборы ролей, которые находятся в фокусе нашего исследования.

1 Социальные роли и позиции

С развитием Интернета и социальных сетей пользователи стали не только потребителями информации, но и ее производителями. Они взаимодействуют друг с другом, участвуют в онлайн-дискуссиях, обмениваются информацией и мнениями, формируют социальные связи. Уровень взаимодействия между пользователями определяет социальные роли, которые могут быть охарактеризованы как позиции, поведение, виртуальные идентичности, которые со временем видоизменяются [1].

Характер определение социальной роли зависит от контекста. Исследователи, изучающие обмен почтовыми сообщениями внутри компании, рассматривают роль в большей степени как позиции (менеджер, секретарь и т.п.). В то же время, роль человека внутри веб-дискуссии ближе к понятию виртуальной идентичности: является ли экспертом человек, с которым я разговариваю? И если да, каким уровнем экспертизы он обладает? Роли могут быть предопределены (популярный пользователь, эксперт, пр.) или могут быть приписаны в результате наблюдения паттернов взаимодействия [1].

Определение ролей внутри социальной сети сегодня является весьма актуальной задачей. Например, знание того, кто является экспертом на техническом форуме, способствует нахождению наиболее подходящего и релевантного ответа на вопрос. Более того, нахождение людей, чьей ролью является манипулирование информацией, особенно важно в случае вирального маркетинга, который основан на распространении информации через связи, соединяющие людей в сети. Таким образом, определение ролей в сообществе облегчает понимание и анализ взаимодействий внутри социальных сообществ [1].

В социологии понятие роли рассматривается в контексте социальной структуры. Роль и позиция в социологическом контексте разграничены. Для индивида позиция – это четко определенное место в социальной структуре. Позиция, как правило, связана с какой-то схожестью: в предпочтениях, отношении, ментальном здоровье, производстве научных знаний и т.п. Два актора занимают одну и ту же позицию, если они связаны с остальными членами сети одинаковым образом. Например, «родитель» и «ребенок» являются позициями. А роль в социальной структуре – это набор ожиданий, предъявляемых к позиции. Например, роль родителя связана с некоторыми ожиданиями того, что должны делать родители, а роль ребенка – с ожиданиями того, что обычно должны делать дети. Позиции и роли вместе формируют социальную систему, которая продуцирует социальные отношения. Согласно этим определениям, акторы с похожими ролями будут связаны общими особенностями и общими паттернами поведения, даже если между ними нет прямой связи.

2 Методология

2.1 Подход к моделированию блоковых структур

Сетевой анализ и, в частности, нахождение сплоченных сообществ в сетях давно находится в фокусе исследования ученых из разных сфер и имеет широкое применение, в том числе в физике, биологии, компьютерных науках, статистике и социальных науках. Большинство методов для нахождения сообществ основываются на разделение всей сети на подгруппы таким образом, чтобы внутри подгрупп было как можно больше связей, а между подгруппами – как можно меньше [2].

Социальная жизнь – это взаимосвязанная система ролей. Если роли можно охарактеризовать с помощью регулярных моделей взаимодействия, можно обобщить их с помощью общих моделей взаимодействия. В любом позиционном анализе существует четыре базовых шага (+1). 1. Выбор типа эквивалентности (структурная, автоморфная, регулярная). 2. Измерение степени, в которой пары акторов эквивалентны. 3. Разработка репрезентации эквивалентности. 4. Оценка адекватности этой репрезентации. 5. Повторение шагов и уточнение параметров. Во всех случаях процедура может работать на множественных взаимосвязях одновременно.

Процесс определения позиций называется блочным моделированием, которое позволяет выделять в структуре сплоченность, центр и периферию. Блокмоделинг основывается на различных структурных концептах: эквивалентности и позициях, которые относятся к теоретическим концептам социальной роли и наборам ролей. Блокмоделинг группирует вершины в кластеры и определяет отношения между этими кластерами [3].

Блоковые модели были представлены для описательного алгебраического анализа социальных ролей в 1976 году [4]. С тех пор появилось много работ, в которых блоковые модели были описаны с методологической точки зрения и сравнены с альтернативными методами анализа.

Блоковая модель – это разбиение акторов в сети N на B позиций (B_1, B_2, ..., B_b), и на отображение ϕ, из сети N на коллекцию позиций, где $\phi(i) = B_k$, если актор i находится в позиции B_k. Блоковая модель также описывает связи внутри и между позициями B. Пусть b_{klr} показывает наличие или отсутствие связи из B_k к B_l в отношении X_r, где $b_{klr} = 1$, если существует связь из B_k к B_l в отношении X_r, и $b_{klr} = 0$, в обратном случае.

Блоковая модель также может быть представлена как матрица $B = \{b_{klr}\}$. Матрица – это массив $B \times B \times R$ с входами b_{klr}, указывающими на наличие или отсутствие связи между B_k к B_l в отношении X_r. Принимая во внимание, что исходные данные о связях представлены в обычной многореляционной социоматрице $g \times g \times R$, блоковая модель является упрощением, поскольку она состоит из меньшего массива $B \times B \times R$, который представляет связи между позициями. Каждый вход в $B \times B \times R$ матрицы B называется блоком. Блочная модель – это упрощенное представление многореляционной сети, которая отражает некоторые общие особенности ее структуры. В частности, позиции в блочной модели содержат акторов, которые приблизительно структурно эквивалентны, то есть имеют одинаковые или похожие связи со всем акторами из других позиций [5].

2.2 Сферы применения метода блокмоделинга

Метод моделирования блоковых структур использовался учеными в различных сферах. Можно найти применение метода в классических исследованиях нахождения сообществ и пользовательских ролей [6], в анализе энергетического сектора с целью выявления структуры работы этого рынка [7], в библиографических исследованиях [8], в сравнительном анализе рынка труда [9], текстовом анализе [10] и многих других направлениях. В то же время блочное моделирование только начинают использовать для анализа социальных сетей, благодаря улучшению вычислительных способностей компьютеров. Раньше это было практически невозможно из-за большой вычислительной нагрузки, что усложняло анализ крупных, в том числе, онлайн сетей.

Заключение

Блокмоделинг является последовательной теоретически развитой концепцией с хорошими перспективами прикладного применения. Метод моделирования блоковых структур берет свое начало и теоретическое обоснование в социальных науках, в частности социологии, но за тем постепенно завоевывает внимание исследователей из различных областей: менеджеров, экономистов, математиков и в последнее время ученых из компьютерных наук, которые оптимизируют алгоритмы для возможности применения метода к большим массивам данных.

Перспективы развития исследования заключаются в практическом тестировании разных методов выявления устойчивых структур в политических онлайн-группах. Проблема в том, что все рассмотренные нами публикации реализуют методы и на уже готовых к обработке данных. Основные же усилия в прикладных сетевых исследованиях тратятся на перевод первичной информации в данные, пригодные для сетевого анализа. Этот этап будет иметь собственное методологическое и прикладное значение.

**Исследование финансировалось в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».*

Литература

1.Forestier M., Stavrianou A., Velcin J., Zighed D. Roles in social networks: methodologies and research issues // Journal Web Intelligence and Agent Systems. Vol. 10(1). 2012. – P.117-133.

2. Zhao Y., Levina E., Zhu J. Community extraction for social networks // Proceedings of the National Academy of Sciences Vol. 108(18). 2011. – P.7321-7326.

3. Nooy de W., Mrvar A., Batagelj V., Exploratory social network analysis with Pajek // New York: Cambridge University Press. 2005. 362p.

4. White H., Boorman S., Breiger R. Social Structure from Multiple Networks. I. Blockmodels of Roles and Positions // American Journal of Sociology. Vol. 81(4). 1976. – P.730-780.
5. Wasserman S., Faust K. Social Network Analysis: Methods and Applications // Cambridge: Cambridge University Press. 1994.
6. Akar E., Mardikyan S. User Roles and Contribution Patterns in Online Communities: A Managerial Perspective // Online First in SAGE Open. 2018. – P.1-19.
7. Aragao R., El-Diraby T. Using blockmodeling for capturing knowledge: The case of energy analysis in the construction phase of oil and gas facilities // Advanced Engineering Informatics. Vol.39. 2019. – P.214-226.
8. Batagelj V., Mrvar A. Some analyses of Erdos collaboration graph // Social Networks. Vol 22. 2000. – P.173-186.
9. *Glückler J., Panitz R.* Unpacking social divisions of labor in markets: Generalized blockmodeling and the network boom in stock photography // Social Networks. Vol. 47. 2016. – P.155-166.
10. Hundt C. Blockmodeling and Text Classification // Conference proceedings. 2008.

МЕНЕДЖМЕНТ ТЕРРИТОРИЙ: РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ячменева В.М., Ячменев Е.Ф., Фокина Н.А.
Институт экономики и управления (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского»,
Россия, г. Симферополь,ул. Железнодорожная, 10, к. 14
v_lev@kafmen.ru, evg@kafmen.ru, fokina@kafmen.ru

Аннотация: Данная работа посвящена исследованию основ менеджмента территорий как неотъемлемого элемента повышения качества жизни населения. Оценка индекса качества городской среды для Республики Крым является актуальной, так как большинство ее городов являются еще курортными городами, которые должны обеспечивать еще и комфортность пребывание гостей республики, приезжающих на отдых и оздоровление.

Ключевые слова: менеджмент территорий, качество жизни, оценка, городская среда, цифровые технологии.

Введение

По данным ООН к 2030 году 75% населения планеты будет проживать в городах, от метрополисов до мегаполисов. На города приходится 80% выбросов CO2. Города потребляют 75% мирового производства энергии. Цифровые технологии, которые придут на смену традиционным технологиям сформируют ряд негативных факторов, с которыми нельзя будет не считаться в размеренной жизни горожан. По прогнозам ООН, в мире к 2035 году на планете будет 2 млрд автомобилей. По данным Европейского Союза, 2549 часов — время, которое средний автомобилист теряет в течение своей жизни в поисках места для парковки.

Опрос компании Deloitte Global немецких потребителей показал, что 10% не считают автомобили с автоматическим управлением полностью безопасны. 400 млрд долл. составляют совокупные ежегодные потери мировой экономики из-за кибератак. Государственный сектор является постоянной и основной целью [1]. По прогнозам экспертов, к 2030 году городское население удвоится. Демографический всплеск, уже очень заметный во многих странах мира, приумножит проблемы, которые могут привести к неопределенности, если государство, бизнес, проектировщики и простые граждане не возьмутся за управление этим процессом.

При этом возникает очень много вопросов, например, как сделать так, чтобы города могли расти и развиваться, при этом сохраняя или даже улучшая качество жизни всех жителей? Как совместить развитие городов с экологичными, природосберегающими условиями труда и жизни? Даже там, где рост населения под контролем, как в большинстве исторических городов, стоит задача сохранить города привлекательными, зелеными и процветающими — и в экономическом, и в культурном отношении. При этом нужно обеспечить доступность городских районов и возможность проживания в них людей с разными доходами.

Основной текст

Правительством Российской Федерации утверждена «Методика по формированию индекса качества городской среды» в целях реализации положений Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" и национального проекта "Жилье и городская среда". Индекс качества городской среды позволяет выявить конкурентные преимущества городов и ограничения, препятствующие их развитию, определить насущные проблемы и перспективные направления их

развития. Методика предназначена для определения уровня качества городской среды городов путем расчета и присвоения им индекса качества городской среды, а также для определения уровня качества городской среды городов, расположенных на территории субъекта Российской Федерации [4].

Анализируя уровень факторных показателей малых городов (таблица 1) Республики Крым, мы видим, что у городов Красноперекопск и Джанкой «плохое» состояние городской среды, а по удельному весу качество городской среды не превышает 50 %. Критическими показателями для г. Красноперекопска являются: жилье и прилегающее пространство, общественно-деловая и социально-досуговая инфраструктуры и прилегающее пространство. Если срочно не предпринять комплекс мер, то у города есть все шансы стать «городом-призраком». Если г. Красноперекопск моногород и зависит от одного предприятия, который и обеспечивает занятость населения, и усугубляет экологическую ситуацию, то г. Джанкой — это транзитный город в нем не чувствуется «якорности», предприятия, которые в нем работали перестали существовать, поэтому, город лишился стержня и живет за счет инфраструктуры приграничного городка.

Таблица 1. Факторный анализ качества городской среды малых городов

Город	**Алушта (М)**		**Красноперекопск (М)**		**Джанкой (М)**	
Показатель	балл	%	балл	%	балл	%
Факторная оценка по 50-ти балльной шкале						
Жилье и прилегающие пространства	43	86	18	36	27	54
Озелененные и водные пространства	34	68	22	44	22	44
Уличная инфраструктура	20	40	23	46	24	48
Общественно-деловая инфраструктура	25	50	11	22	13	26
Социально-досуговая инфраструктура и прилегающие пространства	15	30	19	38	9	18
Общегородское пространство	35	70	34	68	35	70
Общая оценка качества городской среды по 300 балльной шкале						
Оценка состояния городской среды	172	57	127	42	130	43
Лингвистическая оценка	удовлетворит		плохое		плохое	

Источник: составлено автором по [2].

В Республике Крым реализуется федеральный проект «Комфортная городская среда», в рамках которого дворовые территории и общественные пространства благоустраиваются с учетом мнения горожан. В 2018 году в Крыму было завершено благоустройство 38 объектов – 25 дворовых территорий и 13 общественных пространств. До 2024 году согласно нацпроекту «Жилье и городская среда» в республике необходимо увеличить индекс качества городской среды на 30% в 10 городах республики, планируется общий объем финансирования на сумму в 3,5 миллиарда рублей. В планах министерства ЖКХ, благоустроить в Крыму до 2024 года не менее 247 общественных пространств в 10 городах, вовлекая в этот процесс граждан.

В 2019 году в Крыму планируется увеличение индекса качества городской среды в 4 городах – Евпатории, Саках, Керчи и Ялте. В обязательных получателях субсидий остается административный центр региона – Симферополь и 2 моногорода – Красноперекопск и Армянск. Общая сумма субсидий на 2019 год составила 607,2 млн руб., из которых 99% средства федерального бюджета и 1% республиканского. Также планируется выделение из местных бюджетов крымских городов порядка 160 млн. рублей на реализацию программы. Отдельной строкой выделяются внебюджетные источники финансирования – в этом году их сумма составит порядка 340 млн руб. в Ялте. Всего в 2019 году в Крыму планируется благоустроить 21 общественную зону и 19 дворовых территорий.

Особое внимание эксперты и Министерство ЖКХ Крыма уделят городу Ялта. В 2017 году проект не реализован, подрядная организация, получив предоплату, не выполнила указанных в техническом задании работ и скрылась в неизвестном направлении. По факту невыполнения условий договора заведено уголовное дело, а дворовые территории будут благоустроены за счет местного бюджета. Но в этом году в городе действительно масштабные планы – внебюджетный инвестиционный проект благоустройства в районе приморского парка (продолжение набережной города), который составит порядка 340-360 миллионов рублей.

За счет субсидии в размере 160 млн руб. в Ялте планируется масштабное благоустройство Пионерского парка (детского парка). Парк был построен во времена Советского Союза и с тех

практически не модернизировался, сейчас планируется привести его в надлежащий современный вид. Разрабатывается проектно-сметная документация, по итогам прохождения экспертизы будет принято решение проводить благоустройство за один год или в несколько этапов. В парке планируется и наземный фонтан, и скейт-площадка, которой в Ялте до сих пор нет. Сюда планируется привлечь скейтеров, которые катаются на набережной в районе памятника Ленину, что, безусловно, не самое лучшее место для подобных развлечений. Также в городе планируется благоустроить сквер Ломоносова, прилегающий к пионерскому парку и сквер «журавлей» в центральной части города. За счет 50 млн. руб. муниципальных средств в городе планируется благоустроить 8-10 дворовых территорий [3].

Для решения этих проблем были разработаны концепции подключенных и «Умных городов». «Подключенный город» (Connected City) может улучшить качество жизни и сохранить социальное единство благодаря разумному сочетанию новых (мобильных) технологий с человеческими и экономическими факторами. «Умный город» — это независимый населенный пункт с собственным органом управления и опорой на фундаментальный уровень ИКТ, который обеспечивает эффективное управление городом, экономическим развитием, экологичностью, инновациями и вовлеченностью граждан.

Если «Умный город» создается на собственной технологической платформе, то «Подключенный город» при его первоначальной организации не рассчитан на перспективу цифровизации общественных сервисов. «Подключенный город» — это нечто большее, чем цифровое взаимодействие жителей и компаний с администрацией города. Он должен создавать новые виды взаимодействия и находить новые решения, чтобы улучшить качество жизни для всех. Такой город создается на технологически незыблемом фундаменте, где: технология — это инструмент, а не самоцель. С этой точки зрения, ИТ-директор города и специалисты, отвечающие за городскую ИТ-инфраструктуру и услуги, будут играть жизненно важные роли в расширении обязанностей руководителей, отвечающих за цифровизацию и городское планирование.

Попытки внедрения универсальных, не учитывающих специфику решений: к построению подключенного города не существует единого подхода. Каждый город имеет свою специфику, в основе которой — его история, топология, политическая система. Не существует никакой «волшебной» ERP-системы Smart City. Кроме того, невозможно сразу превратить современный город в «Умный город». В этом поэтапном, пошаговом процессе главное — продолжать двигаться вперед и постепенно учиться.

Заключение

Таким образом, мы видим, что недостаточно просто установить единичные пандусы для инвалидных колясок, чтобы достичь поставленные цели – сохранить социальную полноценность такой значительной части граждан страны, как инвалиды. Однако опыт Европы и Америки демонстрирует, что задача построения доступной среды становится вполне выполнимой, если проявить старание и добросовестность, а также правильно вложить средства.

Правительством Республики Крым представлен проект концепции "Саки территория гостеприимства и безбарьерной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения". В рамках реализации концепции планируется организовать единую систему информации и пассивной навигации для инвалидов и маломобильных групп населения (МГН) в городе, а также сформировать среду жизнедеятельности с беспрепятственным доступом инвалидов и других МГН к зданиям, сооружениям и услугам [5].

Практически повсеместно в Крыму, за исключением г. Саки и г. Евпатория отсутствует инфраструктура для людей с проблемами слуха и зрения. Но относительно неплохо развита инфраструктура для людей с поражениями опорно-двигательного аппарата.

Литература

1. Deloitte Global Automotive Consumer Study, 2017 г.
2. Полный рейтинг городов России по качеству жизни в 2018 году — URL: https://www.domofond.ru/statya/polnyy_reyting_gorodov_rossii_po_kachestvu_zhizni_v_2018_godu/7679
3. *Кулик Р. В* 2019 году благоустройство Крыма обойдется более чем в миллиард рублей. https://crimea-news.com/society/2019/02/12/489112.html
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 марта 2019 г. № 510-р «Методика формирования индекса качества городской среды». URL: http://static.government.ru/media/files/wbRiqrDYKeKbPh9FzCHUwWoturf2Ud0G.pdf

5. *Новикова Е.В., Белая А.А.* Формирование безбарьерной среды, как перспектива развития доступного туризма в Крыму // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 5 [Электронный ресурс]. URL: http://web.snauka.ru/issues/2017/05/82382 (дата обращения: 25.03.2019).

Научное электронное издание

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ MLSD'2019

МАТЕРИАЛЫ ДВЕНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(1–3 ОКТЯБРЯ 2019 г., МОСКВА)

Под общей редакцией академика С.Н. Васильева, д.т.н. А.Д. Цвиркуна

Локальное электронное издание

Мин. системные требования:
Pentium 4, Internet Explorer, Acrobat reader 4.0 и выше

Дата подписания к использованию 19.09.2019
1 электронно-оптический диск (CD-R), 26,1 Мб, Тираж 210 экз.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук
117997, Россия, Москва,
ул. Профсоюзная, д. 65
www.ipu.ru