ISSN 2658-5243

ПОЛИТЕХ
Институт компьютерных наук и технологий

120

ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ XXIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

10 – 11 ИЮНЯ 2019 ГОДА

Часть 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Международная академия наук высшей школы
Санкт-Петербургское отделение

Центральный экономико-математический институт РАН
Центр по изучению проблем информатики
Института научной информации по общественным наукам РАН
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова-Ленина
Санкт-Петербургский государственный экономический университет

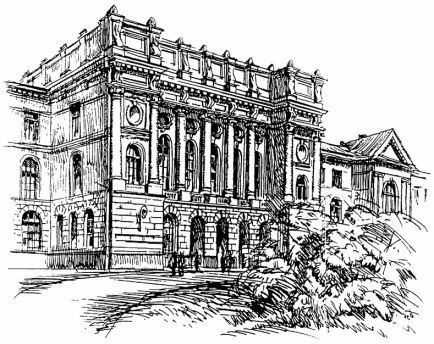
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Сборник научных трудов
XXIII Международной научно-практической конференции

10 – 11 июня 2019 года

Часть 1



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2019

УДК 303.732
ББК 32.965я73

Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXIII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политех-Пресс, 2019. – 584 с.

В сборник научных трудов научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», проводимой Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого совместно с Южным Федеральным университетом, Санкт-Петербургским отделением Международной академия наук высшей школы, Центральным экономико-математическим институтом РАН, Центром по изучению проблем информатики Института научной информации по общественным наукам РАН, Санкт-Петербургским гос. электротехническим университетом «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова-Ленина, Санкт-Петербургским гос. экономическим университетом, включены работы ученых, аспирантов и студентов, работающих в области теории систем и системного анализа, из ряда городов России, Украины, Австрии, Германии, Китая, Норвегии, Польши, США, Финляндии, Швеции, Эстонии.

Председатель Программного комитета конференции – научный руководитель СПбПУ, академик РАН, д-р техн. наук, профессор ***Ю.С. Васильев.***
Сопредседатели Программного комитета конференции:
Заместитель председателя СПб отделения МАН ВШ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ ***В.Н. Козлов***; член МАН ВШ, д-р экон. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ ***В.Н. Волкова***, д-р экон. наук, профессор ЮФУ, заслуженный работник высшей школы РФ ***В.Е. Ланкин***.

Члены программного комитета:
Клейнер Г.Б. – чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф. (ЦЭМИ РАН, Москва);
Малинецкий Г.Г. – д-р физ.-мат. наук, проф. (Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, Москва);
Малышев Н.Г. – чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., ректор (Московский университет имени С.Ю. Витте)
Брусакова И.А. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»);
Гаврилова Т.А. – д-р техн. наук, проф. (СПбГУ);
Горелова Г.В. – член. МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. (ЮФУ, Таганрог);
Гриненко С.В. – д-р экон. наук, проф. (Сочинский университет, Сочи);
Ефремов А.А. – канд. физ.-мат. наук, доц. (СПбПУ);
Кацко И.А. – д-р экон. наук, проф. (Кубанский гос. аграрный университет, Краснодар);
Кукор Б.Л. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГЭУ);
Мазин В.Д. – д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);
Малыхина Г.Ф. – д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);
Микони С.В. – д-р техн. наук, проф. (СПИИРАН);
Станкевич Л.А. – канд. техн. наук, проф. (СПИИРАН);
Фирсов А.Н. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р. техн. наук, проф. (СПбПУ);
Халин В.Г. – член МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГУ);
Черненькая Л.В. – член МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);
Черный Ю.Ю. – канд. филос. наук, руководитель Центра по изучению проблем информатики ИНИОН РАН (Москва);
Чудесова Г.П. – член МАН ВШ и МАОР, д-р экон. наук, проф. (СПбИТМО);
Шкодырев В.П. – д-р техн. наук, проф. (СПбПУ)
Яковлева Е.А. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГЭУ).

Ученые секретари конференции:
Широкова С.В. - канд. техн. наук, доцент СПбПУ,
Логинова А.В – канд. экон. наук, доцент СПбПУ

Зарубежные члены программного комитета:
John-Erik Andreassen - M.Sc., Ass. Prof. (Ostfold University College, Ostfold, Norway);
Igor B. Arefiev – Dr. of Technical Sc., Prof. (Maritime University of Szczecin, Szczecin, Poland);
Idilia Batchkova – Dr. Sc., Prof. (University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria);
Leon Bazil – Dr. of Economics, Prof. (Montclair State University, Montclair, NJ, USA);
Zanna Bober – M.Sc. (MTU "EVRIKA", Narva, Estonia);
Bencion Fleishman – Dr. of Technical Sc., Prof. (New York, NY, USA);
Rainer Grunwald – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Techn. Universitat Ilmenau, Ilmenau, Germany);
Stein Erik Johansen – Dr. Philos., Prof. (Institute For Basic Research, Palm Harbor, FL, USA);
Ignat A. Kulkov – Candidate of Economic Sc. (Abo Akademi, Turku, Finland);
Nataliya D. Pankratova – Member of the International Higher Education Academy of Sciences, Dr. of of Technical Sc., Prof. (Institute for Applied System Analysis, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine);
Georgi Popov – Dr. Sc., DHC, Prof. (Technical University of Sofia, Sofia, Bulgaria);
Elmar Schrufer – Dr. of Natural Sc., Prof. (Technical University of Munich, Munich, Germany);
Adolf Josef Schwab – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Karlsruhe University, Karlsruhe, Germany);
Hans-Rolf Trankler – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Bundeswehr University Munich, Munich, Germany);
Valeriy V. Vyatkin – Dr. Philos., Prof. (Lulea tekniska Universite, Lulea, Sweden);
Roland Werthschuetzky – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Technical University of Darmstadt, Germany);
Reinhold Wessely – Dr. Sc., Prof. (Vienna, Austria).

чл.-корр. МАН ВШ

ISSN 2658-5243

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019

Конференция посвящается 90-летию
Научного руководителя Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого,
академика Российской академии наук,
доктора технических наук, профессора
Васильева Юрия Сергеевича

Международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» проводится ежегодно с 1998 года Научно-педагогической школой с таким же названием, объединяющей ученых, развивающих теорию систем и системного анализа в различных вузах России и др. стран.

Становление и развитие школы с самого начала поддерживает ***Юрий Сергеевич Васильев***, который открыл первое заседание конференции 23 июня 1998 года, а с 2016 года является председателем Программного комитета конференции.

Программный комитет конференции принял решение посвятить конференцию в этом году 90-летию Юрия Сергеевича.

Научно-педагогическая школа «Системный анализ в проектировании и управлении» развивается в Политехническом университете с 1998 года.

Школа считает себя преемницей:

школы Московского энергетического института, в котором д-р техн. наук, профессор Ф.Е. Темников (1906–1993), создал в 1970 году первую в стране кафедру по направлению теории систем и системных исследований – кафедру Системотехники;

школы Ленинградского политехнического института (ЛПИ), в котором с 1973 года на факультете технической кибернетики А.А. Денисов (1934–2010) исследовал общность процессов в системах различной физической природы и предложил теорию информационного поля и информационный подход к анализу систем.

Инициатором становления школы является кафедра «Системный анализ и управление», созданная в 1994 году на основе кафедры «Техническая кибернетика». На базе этой кафедры было открыто новое одноименное направление подготовки бакалавров и магистров многоуровне-

вой системы высшего профессионального образования, что сыграло важнейшую роль в становлении и развитии в Политехническом университете школы системного анализа в проектировании и управлении.

Важной целью школы является развитие методологических основ и терминологического аппарата теории систем и системного анализа на основе широкого спектра математических методов.

В настоящее время это направление развивается как научное направление подготовки бакалавров и магистров в Высшей школе киберфизических систем и управления Института компьютерных наук и технологий СПбПУ. Директор – д-р техн. наук, профессор ***Вячеслав Петрович Шкодырев***, руководитель ООП «Теория и математические методы системного анализа и управления в технических, экономических и социальных системах» по направлению подготовки бакалавров и магистров «**С**истемный анализ и управление» – канд. физ.-мат. наук, доцент ***Артем Александрович Ефремов***.

Проводимые ежегодные конференции способствуют развитию идей теории систем и системного анализа и их использованию в учебных планах и программах не только нашего вуза, но и других вузов страны.

Большое влияние на реализацию и распространение идей научно-педагогической школы «Системный анализ в проектировании и управлении» оказывают подготавливаемые учебники и учебные пособия. В числе авторов учебников ученые других вузов, принимающие активное участие в ежегодно проводимых конференциях. Школа выполняет важную миссию по подготовке научных кадров высшей квалификации. На конференции традиционно обсуждаются доклады аспирантов и студентов Политехнического университета и других вузов.

Научные результаты, обсуждаемые на заседаниях конференции, представлены в ежегодно выпускаемых сборниках научных трудов, в коллективных учебниках и монографиях, подготовленных участниками этих конференций и на сайте *S*ystem *A*nalysis in *En*gineering and *Co*ntrol – saenco.neva.ru.

Мы благодарны ***Юрию Сергеевичу Васильеву*** за активную поддержку инициатив школы «Системный анализ в проектировании и управлении» и участие в ее развитии.

Сопредседатели Программного комитета конференции
д-р техн. наук, профессор ***В.Н. Козлов***,
д-р экон. наук, профессор ***В.Н. Волкова***

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 303.732

Васильев Юрий Сергеевич,
д-р техн. наук, профессор, академик РАН,
Волкова Виолетта Николаевна,
д-р экон. наук, профессор,
Козлов Владимир Николаевич,
д-р техн. наук, профессор.

КОНЦЕПЦИЯ ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЫ: ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, (812) 297–14–40
saiu@ftk.spbstu.ru

Аннотация. *Целью* данной статьи является переосмысление концепции открытой системы и организмического подхода Л. фон Берталанфи для дальнейшего развития методов теории систем и их применения при моделировании сложных современных проблем.

В статье приводятся основные положения концепции открытой системы с активными элементами, характеризуется роль активных элементов и инжиниринга в развитии системы, роль управления, проблемы устойчивого развития открытой системы. Необходимость осмысления этих проблем становится особенно актуальной в условиях активного развития технологий третьей и четвертой промышленных революций.

Ключевые слова: инновации, инновационные технологии, киберфизическая система, методы организации сложных экспертиз, модель, организмический подход, открытая система, промышленное предприятие, промышленные революции, теория систем, технологии, эмерджентность.

Yury S. Vasiljev,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academic RAN,
Violetta N. Volkova,
Doctor of Economics, Professor,
Vladimir N. Kozlov,
Doctor of Technical Sciences, Professor,

CONCEPT OF THE OPEN SYSTEM: HISTORY, CONDITION, DEVELOPMENT PROSPECTS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29. (812) 297–14–40
saiu@ftk.spbstu.ru

Abstract. The purpose of this article is to rethink the concept of an open system and the organism approach of L. von Bertalanffy for the further development of methods of the theory of systems and their application for the simulation of complex modern problems.

The article presents the main provisions of the concept of an open system with active elements, characterizes the role of active elements and engineering in the development of the system, the role of management, the problems of sustainable development of an open system.

The need to understand these problems has become particularly acute in the context of the active development of the technologies of the third and fourth industrial revolutions.

Keywords: innovations, innovative technologies, Cyber-physical system, methods of organizing complicated expertise, model, organismic approach, open system, industrial enterprise, industrial revolutions, systems theory, technologies, emergence.

Введение

Общеизвестно, что термин «открытая систем» был предложен австрийским биологом ***Л. фон Берталанфи*** как основное понятие развиваемого им организмического подхода к исследованию сложных биологических объектов и процессов [1]. Однако этот термин используют и в других научных направлениях – в термодинамике, механике, химии, квантовой механике, отражая обмен исследуемых объектов со средой *веществом* и *энергией*. В последнее время предложено использовать и в информатике – возникла концепция *открытой информационной системы* (ОИС).

Предложенный Л. фон Берталанфи организмический подход и понятие открытой системы стали основой общей теории систем, которая позволила получить ряд полезных результатов для исследования процессов в системах различных классов – технических, биологических, социально-экономических.

Для развития искусственно создаваемых систем, свойства которых мы хотим приблизить к полезным свойствам живых систем, обеспечивающим их эффективное функционирование и развитие, важно переосмыслить суть, состояние перспективы развития концепции открытых систем и организмического подхода.

Бурное развитие технологий в настоящее время инициировало появление новых концепций и терминов, помогающих в осмыслении развития систем. Все более широкое распространение получает термин «*киберфизическая система*» (англ. *Cyber-Physical System – CPS*) – информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физических процессов. Понятие открытой системы применимо и к системам этого класса и ее применение будет способствовать становлению теории киберфизических систем.

Известный идеолог четвертой промышленной революции К. Шваб считает, что, по своему масштабу, объему и сложности «*Четвёртая промышленная революция не имеет аналогов в предыдущем опыте человечества. Новые технологии объединяют физические,*

информационные и биологические миры, способны создать, с одной стороны, огромные возможности, с другой – потенциальную угрозу» [2]. При этом К. Шваб прогнозирует, что вначале инновационные технологии будут использоваться по отдельности, но «*вскоре наступит тот переломный момент, когда они начнут развиваться, наслаиваясь и усиливая друг друга, представляя собой переплетение технологий из мира физики, биологии и цифровых реалий*» [2, с. 9]. «*Технологии помогут найти решение многих проблем, с которыми мы сталкиваемся сегодня, но они сами и усугубляют некоторые из этих проблем*» [3, с. 273].

Поэтому исследование особенностей и перспектив развития открытых систем становится особенно актуальным.

1. История возникновения и суть концепции открытой системы с активными элементами.

Понятие «открытой системы» впервые было введено австрийским биологом ***Л. фон Берталанфи*** в 1937 году на семинаре по философии в Чикагском университете, на котором им была представлена концепция *организмического* подхода, исходной основой которого являются идея об общих закономерностях в физических, биологических и социальных объектах [1, с. 28]. Однако первые его публикации на эту тему появились только после Второй мировой войны [4–6]. Открытой названа система, постоянно обменивающаяся веществом, энергией и информацией с внешней средой.

Концепция открытой системы была предложена ***Л. фон Берталанфи***, поскольку на основе изучения живых организмов он обнаружил, что лежащая в основе классической науки механическая концепция, опирающаяся на теоретическую физику и законы термодинамики, не могут объяснить удивительный порядок, организацию, регулирование, непрерывные изменения, наблюдаемые в живых организмах, и необходимо новое понимание проблем управляемости и устойчивого развития систем. В открытых системах в отличие от закрытых (изолированных от среды) проявляются термодинамические закономерности, которые противоречат второму началу термодинамики. В соответствии с этим началом общий ход физических событий в закрытых системах происходит в направлении увеличения энтропии и достижения состояния максимальной неупорядоченности. В то же время в открытых системах, в которых происходит перенос и преобразование вещества, в соответствии с концепцией Л. фон Берталанфи «*…вполне возможен ввод негэнтропии*», т. е. снижение энтропии; и «*…подобные системы могут сохранять свой высокий уровень и даже развиваться в сторону увеличения порядка сложности*» [1, с. 42].

Л. фон Берталанфи фактически обнаружил в открытых системах новую закономерность – «*способность противостоять энтропийным* (*разрушающим систему*) *тенденциям и проявлять негэнтропийные тенденции*», которая противостоит второму закону термодинамики.

Называя свою концепцию организмическим подходом, Л. фон Берталанфи обращает внимание на то, что понятие открытой системы соответствует живой биологической системе.

Модель простой открытой системы Л. фон Берталанфи поясняет на примере биологического процесса (рис. 1) [1, с. 41].

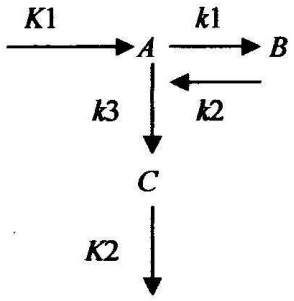


Рис. 1 Модель простой открытой системы

Компонент *A* вводится в систему и превращается в результате обратимой реакции в *B*; одновременно с этим путем необратимой реакции происходит катаболизация и полученный продукт *C* выводится из системы; *K*1 и *K*2 – константы ввода и вывода; *k*1, *k*2, *k*3 – константы реакции. Данная модель в общих чертах соответствует, например, протеиновому обмену в живом организме, где *A* – аминокислоты, *B* – протеины, *C* – продукты физиологического выделения.

Открытая система в отличие от закрытых (изолированных) при соответствующих условиях достигает по Берталанфи состояния *подвижного равновесия*, в котором ее структура остается постоянной. Но в отличие от обычного равновесия это постоянство сохраняется в процессе непрерывного обмена и движения вещества ([1], с. 42).

В тот же период 1930-х годов российский ученый, венгр по происхождению ***Э. Бауэр*** исследовал один из принципиально значимых для понимания процесса развития живых систем принцип *принципиальной неравновесности* живых систем, т. е. стремление сохранять устойчивое неравновесие и использовать энергию для поддержания себя в неравновесном состоянии. Э. Бауэр объясняет это тем, что все структуры живых клеток на молекулярном уровне *заранее заряжены* «лишней», избыточной по сравнению с такой же неживой молекулой энергией, и поступающую извне энергию организм употребляет не на работу, а на поддержание своей неравновесной структуры [7].

Благодаря закономерности Л. фон Берталанфи и принципа Э. Бауэра система проявляет: способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям, проявлять адаптивность, т. е. способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды и помехам, причем как к внешним, так и к внутренним, способность

вырабатывать варианты поведения и изменять свою структуру (при необходимости), сохраняя при этом целостность и основные свойства; способность и стремлением к целеобразованию.

Приводимые особенности имеют разнообразные проявления, которые иногда можно выделять как самостоятельные характеристики. Они в большинстве случаев носят двойственный характер, являются и положительными и отрицательными, желательными и нежелательными для социально-экономической системы. С одной стороны, в их числе есть свойства, полезные для существования системы, приспосабливаемости ее к изменяющимся условиям среды, но в то же время эти особенности вызывают: *неопределенность, нестационарность параметров, неустойчивость функционирования системы*, *непредсказуемость поведения.*

Исследования показали, что особенности открытых систем и объясняющие их закономерности обусловлены наличием *активных* элементов, стимулирующих обмен материальными, энергетическими и информационными продуктами со средой и проявляющих собственные «инициативы», активное начало. Благодаря этому в таких системах нарушается закономерность возрастания энтропии и наблюдаются негэнтропийные тенденции, т. е. собственно самоорганизация, развитие.

Таким образом, развитие открытой системы происходит:

1) благодаря обмену со средой информацией, энергией, материальными компонентами (т.е. открытости системы) и

2) за счет активных элементов, инициирующих собственные инновации и обеспечивающих взаимодействие инноваций.

Открытую систему можно представить обобщенной теоретико-множественной моделью, которую можно интерпретировать как для CPS, так и для развития предприятия в целом:

$$S_{def} \equiv \langle Z, SiF, TECH, SR, COND, N \rangle, \qquad (2)$$

где $Z = \{z\}$ – совокупность целей или структура целей и функций открытой системы;

SiF – содержание процесса управления «выращиванием» открытой системы и формы его реализации; при моделирования процесса *управления* предприятием эту составляющую можно представить совокупностью структур, т. е. $STR = \{STR_{пр}, STR_{орг}, ...\}$ – совокупность структур, реализующих цели (например, для предприятия $STR_{пр}$ – производственная, $STR_{орг}$ – организационная и т. п.);

$TECH = \{meth, means, alg, ... \}$ – совокупность технологий (методов *meth*, средств *means*, устройств, алгоритмов *alg* и т. п.), реализующих становление и развития системы;

SR – среда, с которой взаимодействует открытая система;

COND = $\{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – условия, в которых осуществляется управление развитием открытой системы, т. е. факторы, влияющие на процесс управления функционированием и развитием системы (φ_{ex} – внешние, φ_{in} – внутренние);

N – «наблюдатели» (по ***У. Р. Эшби***) или стейхолдеры (по ***Р. Аккофу***), т. е. лица, осуществляющие структуризацию целей, выбор методов и средств моделирования, разработку лгоритмов и программ, предлагающие новые технологии, организующие процессы принятия решений по выработки управляющих воздействий и т. п.

Представление модели в формализованном виде помогает сохранять целостное представление организации процесса выращивания и устойчивого развития открытой системы, не упустить все компоненты этого процесса.

2. Роль управления в открытых системах

Создавая искусственные системы, обладающие свойствами, полезными для их развития, такими как приспосабливаемость к изменяющимся условиям, адаптивность, способность вырабатывать варианты поведения, изменять структуру при необходимости, формировать цели и реализовывать их, т.е. свойствами, приближающими их к живым развивающимся системам, необходимо учитывать результаты изучения живых организмов, которые показывают, что если бы мы хотели составить алгоритмы, строгие последовательности действий для всех процессов, происходящих в них, то получилась бы ситуация, подобная известному изречению:

«*Если бы сороконожка задумалась, какую ей ногу переставлять, то она умерла бы с голоду*».

Невозможно составить формальные алгоритмы, полностью отображающие поведения кошки, человека, всех процессов, происходящих на предприятии. Можно только разработать модели («отображения действительности, учитывающие немногие ее свойства» по ***С. Лему***) и на их основе вырабатывать некоторые *управляющие воздействия*, корректирующие и направляющие поведение таких объектов. При этом модели не обязательно должны быть строго формальными. Они могут быть и описательными или, как принято в этом случае говорить – «объяснительными», т. е. помогающими понять ситуацию, найти хотя бы аналогии и выработать управляющие воздействия.

Пытаясь понять принципиальные возможности моделирования таких систем, уже первые исследователи отмечали, что *начиная с некоторого уровня сложности, систему легче изготовить и ввести в действие, преобразовать и изменить, чем формально описать.*

По мере накопления опыта исследования и преобразования таких систем это наблюдение подтверждалось, и была осознана их основная особенность – *принципиальная ограниченность формализованного описания развивающихся, самоорганизующихся систем.*

Таким образом, осмысление особенностей открытых систем позволяет понять, что к живым объектам и системам, которые мы относим к классу открытых систем, принципиально неприменим термин «проектирование». Живую систему, исследование которой стало основой организмического подхода Л. фон Берталанфи», нельзя «*собрать*» из частей «Ручки, ножки, огуречик – вот и вышел человечек» – не получается!). Ее можно только «*выращивать*», развивать, корректировать, влиять на процесс движения к достижению желаемого состояния с помощью *управления* этим процессом, т. е. вырабатывая управляющие воздействия, что можно делать с помощью моделирования.

3. Инжиниринг в открытой производственной системе

Как показывают исследования открытых систем, их развитие происходит не только на основе обмена со средой, но и за счет активных элементов, инициирующих собственные инновации и обеспечивающих взаимодействие инноваций.

Инновации могут заимствоваться из среды и выбираться с учетом предпочтений активных элементов, управляющих процессом развития системы. В то же время можно прогнозировать, что наиболее перспективной формой, обеспечивающей развитие производственного предприятия, может быть *инжиниринг* в исходном понимании этого термина, возникшего в Европе в XVI веке, (*engineering*, от лат. *ingenium* – изобретательность, выдумка, знания), т. е. не только компьютерный инжиниринг (программное обеспечение для инженерного анализа и проектирования [8]), а в первую очередь – использование научно-технических знаний для создания систем, устройств, материалов и организацию процессов производства и управления производственными процессами и деятельностью предприятия в целом.

В таком понимании инжиниринг можно считать подобием живых клеток, содержащих некоторую «избыточную *энергию*» по ***Э. Бауэру***, а в социально-экономических системах – *информацию*, которая инициирует инновации для развития организма» предприятия, реализуя организмический подход ***Л. фон Берталанфи.***

Э. Бауэр формулировал принцип устойчивого неравновесия живых систем: «… *живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счёт своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях*» [7].

Этот принцип служит для кардинального различения работающей живой системы и работающей механической системы или машины, что выражается в неравенстве потенциалов, в созданном электрическом градиенте, тогда как в неживой замкнутой системе любые градиенты распределяются в соответствии с правилом энтропии равномерно. Эту «лишнюю» энергию, существующую в живых клетках на любом уровне, Бауэр называет «структурной энергией» и понимает как деформацию, неравновесие в строении живой молекулы.

Смысл принципа устойчивого неравновесия заключается в биофизических аспектах направления движения энергии в живых системах. Э. Бауэр утверждает, что работа, производимая данной структурой живой клетки, выполняется только за счёт неравновесия, а не за счёт поступающей извне энергии, тогда как в машине работа выполняется напрямую от внешнего источника энергии. Организм употребляет поступающую извне энергию не на работу, а только на поддержание «избыточной энергии» в живых клетках. «*Следовательно, для сохранения их, то есть условий системы, необходимо их постоянно возобновлять, то есть постоянно затрачивать работу. Таким образом, химическая энергия пищи потребляется в организме для создания свободной энергии структуры, для построения, возобновления, сохранения этой структуры, а не непосредственно превращается в работу*» [7].

Э. Бауэр сделал этот вывод на основе конкретных наблюдений, что дает некоторые основания для аналогий в открытых системах, основные закономерности которых были получены с помощью наблюдений за биологическими объектами и подтверждались последующими исследованиями социально-экономических систем.

Применительно к предприятиям вывод Э. Бауэра можно трактовать как необходимость постоянно поддерживать избыточность энергии, а точнее – информации, в определенных структурах, постоянно затрачивая на это соответствующую работу, что и является задачей инжиниринга, который должен накапливать и использовать информацию, т.е. научно-технические знания, для создания устройств, материалов, организацию процессов производства и управления производственными процессами и деятельностью предприятия в целом.

Причем, инжиниринг должен обеспечиваться не просто каким-то подразделением типа прежних конструкторских бюро (КБ), а быть идеологией развития на всех уровнях производства и управления предприятием.

4. Использование закономерностей теории систем для исследования проблемы устойчивого развития открытой системы

Роль активных элементов в открытой системе противоречива. Благодаря активным элементам открытой системы, инициирующим инновации и их взаимодействие, возникает новое качество, т. е.

проявляется закономерность эмерджентности, являющаяся основной негэнтропийных тенденций, противодействующих закону возрастания энтропии в закрытых системах (т. е. второму началу термодинамики), что и обеспечивает развитие открытых систем по Л. фон Берталанфи.

В то же время из-за инициатив активных элементов и инноваций возникают проблемы сохранения устойчивости, способности противостоять нежелательным результатам, которые могут возникнуть от совместного внедрения разнородных инноваций.

Исследования, проводимых в теории инноваций, показали, что любые инновации нарушают нормальное функционирование предприятий и организаций, создают ситуацию «креативного разрушения» по ***Й. Шумпетеру*** [9] и ***В. Зомбарту*** [10], ***К. Кристенсен*** [11] даже вводит термин «подрывные инновации». Поэтому необходимо разрабатывать модели управления устойчивым развитием предприятий и организаций в условиях внедрения и использования инноваций, особенно принципиально новых эмерджентных технологий (напр., [12, 13] и др.).

Из исследований энтропийно-негэнтропийных процессов в открытых системах следует, что они проявляют себя неоднозначно. С одной стороны, негэнтропийные тенденции, реализуемые в форме инноваций, являются основой развития, но одновременно они дестабилизируют систему, вносят нестабильность, т.е. неупорядоченность («креативное разрушение» по ***Й. Шумпетеру*** и ***В. Зомбарту***). А энтропийные тенденции, считавшиеся проявлением неупорядоченности, напротив, стабилизируют состояние системы, поскольку минимальное энергетическое состояние, к которому приводят энтропийные процессы – самое устойчивое. Понять эти противоречия помогают закономерности теории систем, которые позволяют оценивать степень проявления энтропийных и негэнтропийных тенденций в системе. Основными из них являются следующие.

З*акономерность целостности или эмерджентность* emerge – появляться**)** проявляется в следующем [14]:

1) свойства системы (целого) Q_s не является простой суммой свойств составляющих ее элементов (частей) q_i:

$$Q_S \neq \sum_{i=1}^{n} q_i;$$

2) свойства системы (целого) зависят от свойств составляющих ее элементов (частей): $Q_s = f(q_i)$;

3) объединенные в систему элементы утрачивают часть своих свойств, присущих им вне системы, т. е. система как бы подавляет ряд свойств элементов; но, с другой стороны, элементы, попав в систему, могут приобрести новые свойства. Если $a_i \in S \Rightarrow q_i\downarrow$ и $q_j{}'\uparrow$.

Противостоит закономерности целостности закономерность ***аддитивности*** или ***суммативности,*** которая характеризует распад системы на части.

Закономерность иерархичности или ***иерархической упорядоченности*** позволила понять, что формирование иерархии приводит к усилению процесса появления новых, в том числе непредсказуемых и неконтролируемых свойств любой системы, общества. Проблемы, аналогичные закономерности эмерджентности проявляются на каждом уровне *иерархической структуры*. При этом более высокий иерархический уровень оказывает направляющее воздействие на нижележащий уровень, подчиненный ему, и это воздействие проявляется в том, что подчиненные члены иерархии приобретают новые свойства, отсутствовавшие у них в изолированном состоянии, а в результате появления этих свойств формируется новый, другой «облик целого», способность осуществлять новые функции, в чем и состоит цель образования иерархий.

Для управления устойчивым развитием системы необходимо постоянно контролировать состояние сохранения ее целостности, устойчивости. Для этого разрабатывают модели, основанные на применении информационного подхода ***А. А. Денисов*** [15], который ввел сравнительные количественные оценки иерархических структур с точки зрения степени целостности

$$\alpha = - C_{в}/C_{о}\,, \tag{3}$$

и коэффициента использования элементов в целом

$$\beta = C_{с}/C_{о}\,, \tag{4}$$

где C – оценка информационной сложности системы $C = J \cap H$;

J – информация восприятия; H – информационная сущность (потенциал);

$C_{с}$, $C_{о}$, $C_{в}$ – системная, собственная и взаимная сложности системы.

$$C_{с} = C_{о} + C_{в}\,,$$

Информация восприятия J и потенциал H, могут измеряться вероятностно и детерминировано [15, 16]:

$$J = A/\Delta A\,,$$

где A – общее количество каких-либо знаков, воспринимаемых измерительными приборами или иной информации, воспринимаемой органами чувств лица, принимающего решения, ΔA – «квант», с точностью до которого интересует воспринимаемая информация при принятии решений;

$$H = \sqrt[\gamma]{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} J_i^{\gamma}} \quad \text{или} \quad H_{ц} = -\sum_{i=1}^{n} q_i \log(1 - p_i')\,.$$

Исследования ***А. А. Денисова*** показали, что любая развивающаяся система находится между состоянием абсолютной целостности и абсолютной свободы элементов.

$$\alpha + \beta = 1.$$

Целостность обеспечивает устойчивость стабильность. Увеличение целостности системы должно повышать эффективность существования и развития социальной системы. Однако исследования процессов взаимодействия части и целого в системе показали, что эффективность функционирования системы вначале при возрастании степени регулирования (степени целостности) увеличивается, а при чрезмерном регулировании начинает снижаться, поскольку подавляются инициативы, способствующие развитию системы, а это отрицательно влияет на рост эффективности системы, и, кроме того, подавление активных элементов вызывает их сопротивление, что снижает безопасность функционирования системы, и в последующем может привести систему к дестабилизации и даже гибели.

Согласуются с этими выводами и дополняют их и исследования ***Л. фон Берталанфи*** применительно к теории личности [1, с. 60-65], в соответствии с которым можно сделать вывод, что подавление свободы активных элементов (при возрастании целостности системы) приводит к сопротивлению этих элементов, вплоть до преступности [1. с. 65], т. е. приводит к деградации активных элементов, к снижению эффективности и безопасности функционирования системы.

Для исследования проблем управления развитием CPS полезно применять и другие закономерности теории открытых систем – потенциальной эффективности ***Б. С. Флейшмана*** [17], историчности и т. д.

Важно учитывать также, что с точки зрения классификации ***Р. Акоффа*** [18, с. 33] в открытых информационных системах, целеустремленными являются и элементы-пользователи, и система в целом. При этом между целеустремленными элементами и между элементами и системой в целом могут возникать различные взаимоотношения. Поэтому в нормально функционирующем организме целеустремленность отдельных компонентов подчинена целеустремленности организма в целом. В то же время на уровне социально-экономических систем целеустремленными являются как система в целом, так и ее элементы, что приводит к проблеме разрешения противоречий между активными элементами (компонентами) и системой в целом. Проблемы открытых систем особенно обострились в условиях активного развития технологий третьей и четвертой промышленных революций.

С учетом рассмотренного при управлении развитием открытых систем возникает задача сравнительного анализа и выбора инновационных технологий с учетом их особенностей, возможностей, полезности и

последствий их внедрения. Это начинает осознаваться и разрабатываются модели для выбора и управления внедрением инноваций (например, [19 – 21]), подготовки кадров для работы в условиях новой информационной среды [22]. При разработке этих моделей применяются методы и модели теории систем (например, [14, 23 – 25 и др.]).

Заключение

Дальнейшее развитие представленной работы предполагает исследование возможностей применения основных положений концепции открытых систем и организмического подхода для развития современных предприятий и организаций при внедрении инновационных технологий третьей и четвертой промышленных революций, выбора их для конкретного предприятия на основе анализа целей его развития, разработки критериев оценки эффекта эмерджентности в результате интеграции информационных и передовых промышленных технологий, разработки и применения форм и методов использования идеи *инжиниринга*, обеспечивающего развитие производственного процесса и предприятия в целом на основе использования научно-технических знаний для создания продукции и организации процессов производства и управления. При разработке моделей для анализа и управления развитием предприятия предлагается развивать исследование закономерностей теории открытых систем и методы системного анализа.

Список литературы

1. *Берталанфи Л. фон*. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.
2. *Шваб К.* Четвертая промышленная революция: перевод с англ. М.: Изд-во «Э», 2017. 208 с.
3. *Шваб К., Дэвис Т.* Технологии четвертой промышленной революции. М.: Изд-во «Э», 2018. 320 с.
4. *Bertalanffy L. von.* Vom Sinn und der Einherit der Wissenschaften // “Der Student”, Wien, vol 2, 1947, № 7 – 8.
5. *Bertalanffy L. von.* Zueiner allgemeinen Systemlehre // “Biologia Generalis”, vol. 19, 1949, S. 114-129.
6. *Bertalanffy L. von.* An Outline of General System Theory // British Journal for the Philosophy of Science”, vol 1, No 2. Aug, 1950, p. 134.
7. *Бауэр Э. С.* Теоретическая биология. М. Л.: Изд. ВИЭМ, 1935. 206 с.
8. Компьютерный инжиниринг: учеб. пособие / А.И. Боровков [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 93 с.
9. *Шумпетер Й.* Теория экономического развития / Пер. с англ. М.: Прогресс, 1982.
10. *Зомбарт В*. Собрание сочинений. Том 3. Роскошь и капитализм. Война и капитализм. М.: Изд-во Владимир Даль, 2008.
11. *Кристенсен К.* Дилемма инноватора: Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М.: Изд-во: Альпина Бизнес Букс, 2004.

12. *Problems* of Sustainable Development of Socio-Economic Systems in the Implementation of Innovations / V.N. Volkova, A.V. Loginova, L.V. Chernenkaja, E.V. Romanova, Y.Y. Chernyy, V.E. Lankin // Proceedings of the 3rd International Conference on Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, Ergo 2018 3. 2018. С. 53-56.
13. *Волкова В.Н., Ланкин В.Е.* Проблема устойчивости социально-экономической системы в условиях внедрения инноваций четвертой промышленной революции // Научно-практический журнал «Экономика и управление: проблемы и решения. 6, т. 7 (77). 2018, май. С. 25 – 29.
14. *Волкова В. Н., Денисов А. А.* Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата, 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 616 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.
15. *Денисов А. А.* Современные проблемы системного анализа: учебник. – СПб.: 3-е изд. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 304 с.
16. *Волкова В.Н., Денисов А.А.* Методы организации сложных экспертиз. СПб.: Издательство Политехнического университета Санкт-Петербург, 2010. 128 с.
17. *Флейшман Б. С.,* Основы системологии, М.: Радио и Связь, 1982 (1-е изд.) (2-е изд. Bentsion Fleishman, Fundaments of Systemology, Lulu.com, New York, 2007).
18. *Акофф Р.Л.* Менеджмент а XXI веке: преобразование корпорации / Р.Л. Акофф; пер. с англ. Ф.П. Тарасенко. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1006. 418 с.
19. *Подход* к сравнительному анализу и выбору технологических инноваций третьей и четвертой промышленных революций / В.Н. Волкова, А.В. Логинова, А.Е. Леонова, Ю.Ю. Черный // XXI Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018). Сборник докладов в 2-х томах. Санкт-Петербург. 23–25 мая 2018 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 373-376.
20. *Волкова В.Н., Кудрявцева А.С.* Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия // Открытое образование. 2018; 22(4): 64-73. https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-4-64-73.
21. *Кудрявцева А.С.* Модели для управления деятельностью промышленного предприятия при внедрении технологических инноваций // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды Междунар. научно-практической конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2018. С. 389 – 398.
22. *The impact* of NBIC-technology development on engineering and management personnel training. V.N. Volkova, V.N. Kozlov, A.E. Karlik, E.A. Iakovleva. Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches …
23. *Classification* of methods and models in system analysis / V.N. Volkova, V.N. Kozlov, V.E. Mager, L.V. Chernenkaya // Soft Computing and Measurements (SCM), 2017 XX IEEE International Conference. P. 183-186.
24. *Волкова В.Н., Козлов В.Н., Ефремов А.А.* Вклад школы «Системный анализ в проектировании и управлении» в развитие информатики, информационных систем и технологий // Научно-практический журнал «Прикладная информатика» / Journal of applied informatics. Том 13. №2 (74). 2018 Март – Апрель.
25. *Моделирование* систем и процессов: Практикум / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, А.А. Ефремов и др. / Под ред. В.Н. Волковой. М.: Изд-во Юрайт, 2016. 295 с.

УДК 3.30, 0.07

Клейнер Георгий Борисович[1,2],
заместитель научного руководителя ЦЭМИ РАН,
зав.кафедрой «Системный анализ в экономике» Финуниверситета,
д-р экон. наук, профессор, член-корр. РАН,
Щепетова Светлана Евгеньевна[1],
профессор кафедры «Системный анализ в экономике»,
д-р экон. наук, профессор

СИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА В РАЗВИТИИ: НАУЧНАЯ ШКОЛА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИНУНИВЕРСИТЕТА – ЦЭМИ РАН

[1]Россия, г. Москва, ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
george.kleiner@inbox.ru
seshch.fa.ru@gmail.com, seshchepetova@fa.ru
[2]Россия, г. Москва, ФГБУН «Центральный экономико-математический институт РАН»
kleiner@cemi.rssi.ru

Аннотация. Статья посвящена роли системной парадигмы в формировании целостной картины факторов и закономерностей развития человеческой цивилизации. Она очерчивает основные понятия, системы координат, конструкции и результаты системной экономики как научной теории и практической деятельности, показывая влияние природы, человека, идей и мировоззрений, а также производственных, информационных и управленческих технологий на социально-экономическую динамику. Попутно в статье раскрывается вклад в формирование системной экономической теории одной из научных школ, занимающейся развитием системной парадигмы и разработкой ее приложений в социально-экономической сфере.

Ключевые слова: системная парадигма, сложные социально-экономические и киберфизические системы, системная экономика, социально-экономическая кибернетика, структура системы, гибкость системы, тетрада.

George B. Kleiner[1,2]
deputy scientific adviser of CEMI RAS,
Chairman of the department «System analysis in economics»,
doctor of economics, professor,
corresponding member of the Russian academy of sciences
Svetlana Ye. Shchepetova[1]
professor of the department «System analysis in economics»
doctor of economics, docent

SYSTEM PARADIGM IN DEVELOPMENT:

SCIENTIFIC SCHOOL OF SYSTEM ANALYSIS AND MODELING OF THE FINUNIVERSITY - THE CEMI RAS

[1]Russia, Moscow, Financial University under the Government of the Russian Federation,
george.kleiner@inbox.ru
seshch.fa.ru@gmail.com, seshchepetova@fa.ru
[2]Russia, Moscow, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences
kleiner@cemi.rssi.ru

Аннотация. The article is devoted to the role of the systemic paradigm in the formation of a holistic picture about human civilization's the factors and patterns of development. It outlines the basic concepts, coordinate systems, designs and results of a system economy as a scientific theory and practical activity, showing the influence of nature, man, ideas and worldviews, as well as production, information and management technologies on the socio-economic dynamics. Along the way, the article reveals the contribution to the formation of a systemic economic theory of one of the scientific schools involved in the development of a systemic paradigm and the elaboration of its applications in the socio-economic sphere.

Ключевые слова: system paradigm, complex socio-economic and cyber-physical systems, system economics, socio-economic cybernetics, structure of a system, flexibility of a system, tetrad.

Введение

Мир един и представляет собой сложную систему взаимосвязанных и взаимодействующих систем меньшего порядка разных родов [8, 11]. Однако его изучение давно дифференцировалось на отдельные дисциплины, что привело к возникновению разных мировоззрений, потере понимания связности и целостности мира, разделенности в организации практической жизнедеятельности человеческого сообщества. В идеале узкопрофильные и интегральные научные направления, отвечающие за создание специализированного и обобщенного знания соответственно, должны взаимно обогащать друг друга. Но на современном этапе первым уделяется гораздо больше внимания и финансирования, что проявляется, например, в превалировании прикладных НИР над фундаментальными. Этот перекос частично преодолевается научными результатами, полученными в рамках современной теории социально-экономических систем.

В настоящей статье показываются характерные особенности системного мировоззрения, обозначаются отличия современной теории социально-экономических систем от других научных направлений, намечаются перспективы ее применения для решения социально-экономических задач.

Системное мировоззрение

Чем системное мировоззрение отличается от других видов мировоззрения, формируемых в рамках различных научных направлений?

Каждое научное направление, в естественных, общественных и гуманитарных науках, изучает мир под своим углом зрения. В науках об обществе также сложились определенные фокусы изучения мира. Как научное направление существует социология, которая имеет социальный взгляд на мир [51]. Мир рассматривается в социологии как совокупность физических лиц и их группировок. Как научное направление существует юриспруденция, выражающая юридический взгляд на мир и рассматривающая его как совокупность юридических и физических лиц, а также законов, регулирующих их деятельность [7]. В экономических исследованиях, в т.н. эволюционной парадигме, мир рассматривается еще и как совокупность наследственных траекторий, в каждой из которых сохраняется определенный генотип [25, 48, 61]. В институциональной школе экономического направления мир рассматривается как совокупность взаимодействующих формальных и неформальных институтов [4, 32, 58]. На техноценозах фокусируется технологический взгляд на мир, при котором он предстает совокупностью взаимодействующих технических систем и технологий [17, 45]. Существуют и другие взгляды на мир, позволяющие углублять представления о мире в определенном ракурсе.

Однако раздельное изучение отдельных составляющих мира и даже их комбинаций, не позволяет сопоставлять научные достижения по различным направлениям, исследовать законы и выявлять закономерности развития систем, изучать свойства мира как целого. Эти, т.н. эмерджентные, свойства – свойства целого, наблюдаемые при его движении (функционировании, росте, развитии или деградации, эволюции или инволюции) – теряются при таком изучении [59]. Они должны исследоваться путем интеграции и обобщения наблюдений с разных точек зрения на единой основе, в качестве которой выступает общая теория систем [10, 12, 13, 58, 55 и др.].

Согласно системной парадигме изучению подлежит внутреннее устройство системы, внешняя среда и разделяющие их в пространстве и во времени границы, всевозможные разнородные связи и отношения между составляющими системы и ее окружением, взаимодействия элементов системы друг с другом и системы с внешней средой. Системное мировоззрение призвано обозревать объект изучения с разных позиций и в динамике, создавая целостную объемную многоаспектную адекватную динамическую модель мира. Пространственно-временные координаты формирования такого видения мира являются базовыми для диагностики траектории его движения. Поскольку мир един, то сверхзадача систем-

ного взгляда, системного мировоззрения, интегрирующего, по возможности, все перечисленные выше и не озвученные фокусы изучения мира – это формирование внутреннего, меж-, над- и трансдисциплинарного видения мира. Стремление к объяснению генезиса формирования эмерджентных свойств целого, а также проведение анализа, синтеза и прогнозирования с учетом вышесказанного и является одной из характерных особенностей системного мировоззрения.

Еще одной характерной особенностью системного мировоззрения является стремление постоянно расширять горизонты видения и глубину понимания системной взаимообусловленности происходящего. Это реализуется посредством выявления контурных причинно-следственных связей и цепочек взаимодействия элементов системы во времени и в пространстве, исследования природы контурных связей и изучения их влияния на социально-экономическую динамику [47, 53, 56].

Третья характерная особенность системного мировоззрения состоит в сочетании общесистемного знания (о связи строения систем с законами их функционирования и развития) со знанием специфических особенностей конкретных объектов изучения [31, 62]. Общесистемное знание часто заменяет отсутствие многих конкретных данных, позволяя на основе системных паттернов предсказывать динамику самых разных сфер деятельности. Общесистемное знание формирует целостное сущностное представление о конкретном объекте изучения и его деятельности, создает своего рода каркас для сбора, обработки и идентификации данных об объекте. Специфическое знание, сформированное на системном фундаменте, позволяет выработать наиболее соответствующие реалиям и целям (в том числе, долгосрочным) меры по изменению сложившейся ситуации.

На вышеназванных особенностях и предпосылках системного мировоззрения базируется научная школа системного анализа и моделирования Финуниверситета - ЦЭМИ РАН, специализирующаяся на социально-экономической сфере, адаптирующая к ее специфике и развивающая с учетом этого общую теорию систем [21, 34, 41, 44, 52, 71, 74, 54 и др.][1].

Современная теория социально-экономических систем

Социально-экономическая сфера как объект системного мировоззрения имеет ярко выраженные отличительные особенности [35, 66, 38], что обусловливает потребность в отражении этой специфики в теории и методологии исследования социально-экономических систем. Первая

[1] Системное направление активно развивалось и развивается в Финуниверситете (сотрудниками кафедры Математическое моделирование экономических процессов до 2009 и кафедрой «Системный анализ в экономике» с момента ее образования в 2009 году). В ЦЭМИ РАН системная парадигма развивается с 1963 года – года его основания.

задача при формировании и развитии теории социально-экономических систем – интеграция на фундаменте системной парадигмы и концепций пространственно-временного анализа ключевых положений различных научных направлений в сфере общественных наук (в частности, неоклассической, эволюционной и институциональной экономических теорий). Основополагающим отличительным признаком системной экономической теории (СЭТ) является признание относительно автономной экономической системы в качестве основной единицы изучения и анализа [29]. При этом как системы могут рассматриваться экономические объекты, среды, процессы, проекты и другие экономические сущности и феномены, обладающие общесистемными признаками целостности. СЭТ охватывает создание, взаимодействие, трансформацию и ликвидацию экономических систем различной природы, масштаба и назначения, относящихся к разным уровням экономики. Другими основными отличительными признаками СЭТ являются формирование отношений типа «Симбиоз, сопричастность, коэволюция», рассматриваемых в СЭТ в качестве доминирующих [29, 30, 67], а также исследование связи структуры системы с ее функциями, учитывая материальный, информационный, духовный, исторический и другие аспекты ее существования [19, 33, 43, 64, 65].

В сравнении с общей теорией систем, системная экономическая теория (СЭТ) отличается учетом специфики социально-экономической сферы. Эта специфика проявляется в наличии тесной связи социально-экономической динамики с мыслительной деятельностью человека как основного элемента системы, его осознанным или слабо осознанным поведением [24, 73].

В сравнении с системной парадигмой Я. Корнаи [3, 42], отталкивающейся от того, что предпочтения агентов формируются под влиянием макроокружения, современная СЭТ отличается признанием значимости роли систем не только мега- и макроуровня, но и мезо-, микро- и нано-уровня [23], а также изучением контурного взаимовлияния систем различных уровней, в том числе системы как целого и личности как актора, обладающего сознанием и субъективным мировоззрением, имеющего собственные интересы, привычки, цели [63, 72], учитывающего в той или иной мере интересы других людей и общества.

В сравнении с другими экономическими теориями СЭТ устанавливает предметом изучения комплексное влияние различных структурных факторов на результаты функционирования системы. Поведение социально-экономической системы рассматривается в свете влияния поведения отдельных индивидов, их групп и организаций. В СЭТ по сравнению с ортодоксальной экономической теорией изменены допущения, лежа-

щие в основе построения моделей поведения акторов. Объяснение поведения индивида в СЭТ отталкивается от допущения о его ограниченной рациональности [2, 50, 60] и органической иррациональности [37], учитывает влияние институциональных, ресурсных, информационных и других условий его жизнедеятельности, с одной стороны, а также влияние его ментальных моделей на восприятие ситуации и выбор, с другой [63].

Такая широта и разнообразие предметного поля системной экономической теории привели к необходимости введения абстрактного термина «социально-экономическая система», типологизации социально-экономических систем и выведения абстрактных логических умозаключений, объясняющих социально-экономическую динамику. Понятие системы не статично. Оно изменяется по мере продвижения научной мысли, уточняется при выявлении новых свойств систем, но продолжает опираться на базовое определение этого понятия, приведенное ниже.

Под социально-экономической системой понимается «локализованная во времени и/или пространстве относительно устойчивая часть странового (иногда и мирового) социально-экономического континуума, обладающая внешней целостностью и внутренним многообразием» [29]. Из этого определения следует то, что нужно определить в первую очередь – взаимоотношения с пространством и временем. Здесь возникают базовые классификационные группировки. Одна из них связана с таким аспектом как ограниченность и неограниченность системы в пространстве и во времени.

В рамках типологии систем в пространственно-временных координатах по признаку их ограниченности\неограниченности в [26] выделены системы четырех типов: объекты (существование которых ограничено в пространстве, но не ограничено (строго не определено) в пространстве), среды (заполняющие непрерывно некий континуум), процессы (реализуемые в неограниченном пространстве, но в определенный временной промежуток) и проекты (имеющие четкие временные и пространственные границы). Формирование целостной картины в пространственно-временных координатах предложено осуществлять на основе описания девяти квадрантов, возникающих на пересечении таких реперных точек как прошлое, настоящее, будущее на временной оси и надсистема, система, подсистемы и элементы по пространственной оси [70]. Такое представление становится основой формирования целостного динамического представления в случае, когда выявлены и объяснены горизонтальные, вертикальные и диагональные контурные связи между девятью квадрантами [40].

Большое значение для объяснения социально-экономической динамики сыграло введение понятия «социально-экономическая экосистема» и доказательство того, что «внутренняя структура экосистемы изоморфна структуре тетрады как комплекса четырех устойчиво взаимодействующих систем: объектной, средовой, процессной и проектной природы [36]. В рамках СЭТ было также показано, что соотношением объектных, средовых, процессных и проектных подсистем экономики определяется степень ее сбалансированности и, как следствие, устойчивости [38, 9].

Устойчивость и успешность социально-экономических систем в динамично изменяющемся мире зависит от сочетания таких ее эмерджентных свойств как гибкость и ригидность. Гибкость социально-экономических систем [70] требуется для адаптации к изменениям в условиях функционирования и для соответствия в каждый момент времени разнообразным требованиям и предпочтениям потребителей при сохранении идентичности системы; ригидность необходима для обеспечения целостности системы посредством сохранения существенных системообразующих связей. Текущая гибкость позволяет удовлетворять разнообразные требования окружения в данный момент времени без реорганизации структуры ЭС и изменений системообразующих связей. Реактивная гибкость связана с адаптацией ЭС к изменениям внешней среды при соответствующей реструктуризации. Проактивная гибкость связана с совершенствованием ЭС, направленном на сознательное формирование окружения, нахождение новых способов удовлетворения потребностей людей, повышение результативности и эффективности деятельности.

Необходимым условием сохранения системы в изменяющейся среде выступает выстраивание ее гибкой структуры [15, 70], включая проектирование организационной, технологической. информационной и других компонент, таким образом, чтобы обеспечивался требуемый уровень гибкости при должном уровне ригидности.

В контексте исследования процессов управления социально-экономическими системами возникла необходимость дополнения их пространственно-временного определения другими значимыми характеристиками. В частности, социально-экономическая система должна рассматриваться как целостное образование индивидов, вступающих (вынужденно, добровольно-принудительно или добровольно) в разнообразные отношения при создании и перераспределении благ (материальных и нематериальных) и доходов в условиях ограниченности ресурсов. Это представление подчеркивает, что каждая социально-экономическая система выступает своеобразным интегратором интересов различных сто-

рон и должна изучаться с позиций всех стейкхолдеров в том числе [16, 39, 69]. При современном уровне развития техники и технологий эти системы должны рассматриваться и как киберфизические [14], в которых организационно-экономические, технико-технологические, ментально-институциональные, психолого-духовные, информационно-коммуникационные и другие аспекты деятельности систем изучаются как взаимозависимые.

Объяснение социально-экономической динамики в этом аспекте облегчается при выявлении взаимовлияния личностных архетипов и паттернов, с одной стороны, системных архетипов и паттернов, с другой [68]. В рамках СЭТ было показано, что суть происходящего может быть выявлена на основе мягкого моделирования и визуализации контурной схемы «личностный архетип – личностный паттерн – системный архетип – структура системы – системный паттерн – личностный архетип». При этом отношения «человек-человек», «человек-благо», «человек-информация» как системообразующие связи в социально-экономических системах описываются сначала на сущностном уровне. Эти отношения вкупе с элементами системы определяют ее структуру. Структура системы порождает определенные паттерны. Выявленные паттерны «погружаются» в специфику системы и ее окружения, после чего могут быть выявлены конкретные тенденции и закономерности существования систем. При этом поведение индивида формализуется в разрезе «эмоции – состояние – отношение – поведение».

Учеными, развивающим СЭТ, было показано, что отношения «человек-человек» являются определяющими и влияют на то, каким образом и для чего в социально-экономических системах будут использоваться ресурсы, технологии и информация. Это привело к пересмотру теории и методологии организационного управления социально-экономическими системами.

В работах [1, 18, 27] описана роль «души» социально-экономической системы. Душа выступает незримым, но существенным системным компонентом, обусловливающим все процессы деятельности и «указать какие именно она процессы координирует и сопрягает».

В рамках СЭТ на основе системной парадигмы обоснованы принципы проектирования организационных структур, распределения ролей и ответственности [20, 70], формирования коллективов [49], учитывая специфику СЭС, с одной стороны, психологию и индивидуальные особенности людей, с другой. Показано, что результативность и слаженность коллективной работы в значительной мере зависит от согласования индивидуальных представлений членов коллектива [22], от гармонизации интересов акторов [5, 28], от согласования всех процессов дея-

тельности посредством реализации принципа создания ценности [6]. В СЭТ обоснованы также принципы системной оптимизации в социально-экономической сфере, позволяющие обеспечивать жизнеспособность, устойчивость и успешность системы в текущий момент и в долгосрочной перспективе посредством сочетания кайдзен и кайро-преобразований [40, 70]. Кроме того, в [46] показано, что равновесие случайных процессов может быть обеспечено при использовании эволюционно-симулятивного моделирования, при котором минимизируется максимальный из рисков, рассчитываемых на основе издержек и возникающих при отклонении издержек от оптимума.

Выводы

В современном мире в условиях тотальной информатизации, компьютеризации, цифровизации, автоматизации и интеграции социально-экономические и киберфизические системы оказывают все большее влияние на каждого человека, привнося в его жизнь дополнительные и существенные риски [24]. Поступки отдельных людей в свою очередь влияют на строение и функционирование социально-экономических и киберфизических систем.

Системная экономическая теория позволила пролить свет на многие закоренелые проблемы современного общества, высветив причины неэффективности и разбалансированности деятельности различных акторов на разных уровнях экономики. Все проблемы коренятся в действующих структурах социально-экономических систем.

Цифровые технологии как средства коммуникации и управления, на которые сейчас делается акцент, сами по себе не способны решить социально-экономические проблемы. Например, интернет людей не решил проблему одиночества и информированности индивидов. Создаваемый в настоящее время интернет вещей вряд ли действительно повысит качество жизни, поможет избавиться от проблемы несистемности российской экономики и дисменеджмента. Это – иллюзии. Выгоды сопровождаются весьма весомыми потерями и рисками. Прогнозируемое возникновение интернета идей и знаний, интернета путей (стратегий) и даже интернета систем, при котором некоторые социально-экономические образования, осознающие себя как системы, будут налаживать взаимодействие между собой без непосредственного участия человека, также не затрагивают тех фундаментальных основ, без которых невозможно устойчивое развитие социально-экономических систем и индивидов.

Мы не должны отказывать системам и составляющим систем (в т.ч. в социальной, технической, генетической, институциональной и других сферах) в праве на существование, в праве на развитие. Однако не-

понимание системных взаимосвязей и закономерностей может привести к серьезным негативным последствиям. Поскольку из всех элементов социально-экономических систем активными, сознательными и осмысливающими (рефлексирующими) являются только люди, то именно они ответственны за прошлое, настоящее и будущее нашей цивилизации. Последовательное применение принципов СЭТ позволит людям обеспечить сбалансированное улучшение всех сфер жизнедеятельности общества и экономики. Таким образом, системное мировоззрение, системная парадигма и системная экономическая теория должны стать теоретическими ориентирами для практической деятельности.

Список литературы

1. Berry L. Discovering the Soul of Service: The Nine Drivers of Sustainable Business Success. Detroit: Free Press, 1999. 288 p.
2. Kahneman, D., Tversky, A. (Eds.) (2000) Choices, Values and Frames. New York: Cambridge University Press.
3. Kornai J. The System Paradigm, William Davidson Institute Working Papers Series 278, William Davidson Institute at the University of Michigan, 1998.
4. Wallis J. J. and North D. C. Measuring the Transaction Sector in the American Economy, 1870-1970. Engerman S. L. and Gallman R. E. (eds.). Long-Term Factors in American Economic Growth. Chicago: University of Chicago Press, 1986, pp. 95161. яя9
5. Адлер Ю.П., Щепетова С.Е. Проекты, команды, люди в системе экономики качества //Стандарты и качество. 2002. № 3. С. 25.
6. Адлер Ю.П., Щепетова С.Е. Процессное описание бизнеса //Методы менеджмента качества. 2002. № 2. С. 52.
7. Азми Дина Система права и ее строение: методологические подходы и решения. – Литагент «Юстицинформ», 2014.
8. Аристотель // Большая Советская Энциклопедия. 3-е изд. / Гл. ред. А. М. Прохоров. М.: Советская Энциклопедия, 1970. Т. 2. Ангола Барзас. С. 195—196. яя1.
9. Артюхов В.В. Общая теория систем. Самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009.
10. Берталанфи Л. фон Системный подход в современной науке: К 100-летию Людвига фон Берталанфи // Сб. ст. / Отв. ред.: Лисеев И.К., Садовский В.Н. –М.: Прогресс-Традиция, 2004.
11. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – обзор проблем и результатов // Системные исследования: Ежегодник. М.: Наука, 1969.
12. Богданов А.А. Очерки организационной науки. М.: Издательский дом «Государственное издательство, 1921.
13. Богданов А.А. Тектология: Всеобщая организационная наука. М.: СПб, 1912.
14. Волкова В.Н. Открытые системы: Переосмысливая Л. фон Берталанфи. СПбю: Политех-Пресс, 2019. 440 с.
15. Волкова В.Н., Градов А.П., Денисов А.А. и др. Системное проектирование радиоэлектронных предприятий с гибкой автоматизированной технологией /под ред. В.А. Мясникова, Ф.Е. Темникова. М.: Радио и связь, 1990. 295 с.
16. Гараедаги Дж. Системное мышление: Как управлять хаосом и сложными процессами: Платформа для моделирования архитектуры бизнеса /пер. с англ. Е. И. Недбальская. Науч. ред. Е.В. Кузнецова. Минск: Гревцов Паблишер, 2007.

17. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. Вып. 29. «Ценологические исследования». М.: Изд-во ТГУ — Центр системных исследований, 2005. 384 с.

18. Гэлэгер Р. 2006. Душа организации. М.: Издательство «Добрая книга». 352 с.

19. Дрогобыцкий И.Н. Методология исследования экономических систем. – Таганрог, 2007.

20. Дрогобыцкий И.Н. Парадигма организационного менеджмента //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2012. № 1 (8). С. 43-57.

21. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике /Учебное пособие. – М.: Издательство "Финансы и статистика", 2007.

22. Збрищак С.Г. Системно-когнитивныи подход к организации совместной деятельности группы заинтересованных сторон //Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3. № 6. С. 155-158.

23. Клейнер Г. Б. Системный кризис, системный анализ, системный менеджмент// Стратегическое планирование и развитие предприятий. Пленарные доклады Десятого всероссийского симпозиума. М.: ЦЭМИ РАН, 2009. С. 11-22. яя46.

24. Клейнер Г. От «экономики физических лиц» к системной экономике // Вопросы экономики. 2017. № 8. с. 56-74.

25. Клейнер Г. Ритмы эволюционной экономики // Вопросы экономики. 2014. № 4. С. 123—136.

26. Клейнер Г. Системный ресурс экономики // Вопросы экономики. 2011. № 1. С. 89–100.

27. Клейнер Г.Б. 2000. Институциональные факторы долговременного экономического роста. Экономическая наука современной России. № 1. С. 5–20.

28. Клейнер Г.Б. Грани гармонии: стратегия эволюционного развития экономики России //Современная стратегия социально-экономического развития России: вопросы экономики и права (Сочи, 8—12 октября 2008 г.) / отв. ред.: В.В. Сорокожердьев; Южный научный центр РАН, Центральный экономико-математич. ин-т РАН, Южная секция содействия развитию экономич. науки Отделения общественных наук РАН [и др.]. Краснодар: Южный институт менеджмента, 2009.

29. Клейнер Г.Б. Исследовательские перспективы и управленческие горизонты системной экономики // Управленческие науки. 2015. № 4. С. 7–20.

30. Клейнер Г.Б. Концепция переключающегося лидерства в международном сообществе как ответ на глобальные вызовы современности //Тезисы докладов и выступлений Современные глобальные вызовы и национальные интересы: XVI Международные Лихачевские научные чтения, 19-21 мая 2016 г. — СПб.: СПбГУП, 2016. — С. 127-131.

31. Клейнер Г.Б. Междисциплинарная теория фирмы и проблемы развития образовательных организаций // Гуманитарий Юга России. 2017. № 6. С. 33-48.

32. Клейнер Г.Б. Новая институциональная экономика: на пути к «сверхновой» // Российский журнал менеджмента. 2006. Т. 4. № 1. С. 113–122.

33. Клейнер Г.Б. Системная парадигма и экономическая политика //Общественные науки и современность. 2007. № 2. С. 141–149.

34. Клейнер Г.Б. Системная экономика и системно-ориентированное моделирование // Экономика и математические методы, 2013, № 3.

35. Клейнер Г.Б. Системная экономика как платформа развития современной экономической теории. //Вопросы экономики, 2013, № 6.С. 4-28.

36. Клейнер Г.Б. Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы //Системный анализ в экономике — 2018: сборник трудов V Международной

научно-практической конференции – биеннале (21–23 ноября 2018) / под общ. ред. Г.Б. Клейнера, С.Е. Щепетовой. М.: Прометей, 2018. С. 5–14.

37. Клейнер Г.Б. Эволюция институциональных систем. –М.: Наука, 2004. –204 с.

38. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А. Системная сбалансированность экономики. М.: Научная библиотека, 2017. 320 с.

39. Клейнер Г.Б., Тамбовцев В.Л., Качалов Р.М. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность /Под общ. ред. С.А. Панова М.: Изд-во «Экономика», 1997. 288 с.

40. Клейнер Г.Б., Щепетова С.Е., Щербаков Г.А. Системные механизмы координации участников инновационной деятельности //Экономическая наука современной России. 2017. № 4 (79). С. 19-33.

41. Конявский В.А., Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Новый подход к управлению самоорганизующимися, подвижными, динамическими, целенаправленными, иерархическими, распределенными информационно-телекоммуникационными системами //Информатизация и связь. 2013. № 6. С. 18-21.

42. Корнаи Я. Системная парадигма // Вопросы экономики. 2002. № 4. С. 4—22.

43. Кружилов С.И. Когнитивные основы системной парадигмы //Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 7. № 8. С. 24-31.

44. Кружилов С.И. Принципы социальной экономики //Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3. № 6. С. 38-43.

45. Кудрин Б. И. Исследования технических систем как сообществ изделий — техноценозов // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1980. М.: Наука, 1981. С. 236–254

46. Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Роль равновесных случайных процессов в развитии экономики //Экономические и гуманитарные науки. 2013. № 6 (257). С. 115-119.

47. Медоуз Д. Азбука системного мышления. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. 344 с.

48. Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Финстатинформ, 2000.

49. Никиточкина Ю.В. Формирование структуры производственного коллектива в зависимости от стратегического профиля промышленного предприятия //Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 5. № 9. С. 4-13.

50. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики – М.: Фонд экономической книги “Начало”, 1997.

51. Парсонс Т. Социальная система: Пер. с англ. М.: Академический проект, 2018. 530 с.

52. Прокопчина С.В. Системный подход в условиях неопределенности. От системных измерений к системному синтезу //Мягкие измерения и вычисления. 2018. № 11. С. 3-13.

53. Сенге П. Пятая дисциплина. Искусство и практика самообучающейся организации. М.: Олимп-Бизнес, 2003. 408 с.

54. Сирота Е.Н. Системная теория предприятия: перспективы развития (по мотивам статьи Г.Б. Клейнера "Системная парадигма и теория предприятия" 2002) //Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 7. № 8. С. 20-23. яя30.

55. Система. Симметрия. Гармония /под ред. В.С. Тюхтина, Ю.А. Урманцева. – М.: Мысль, 1988. –315 с.

56. Системные механизмы координации в инновационной экономике. /Коллективная монография под общ.ред. Клейнера Г.Б., С.Е. Щепетовой. Москва : КноРус, 2019. 261 с.

57. Уёмов А. И. Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 272 с.

58. Уильямсон О. Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношенческая» контрактация / Пер. с англ. СПб.: Лениздат; CEV Press, 1996. 702 с.

59. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика). М.: Прогресс, 1971. 340 с.

60. Фуруботн Э.Г., Рихтер Р. Институты и экономическая теория. – СПб «Изд. дом Санкт-Петербургского университета», 2005.

61. Шумпетер Й. Теория экономического развития. М.: «Эксмо», 2007. яя6.

62. Щепетова С.Е. Архетипы организационного управления и системные эффекты //Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 6. № 8. С. 37-42. яя22.

63. Щепетова С.Е. Влияние ментальных моделей и институциональной среды на гибкость бизнеса //Материалы научно-практической конференции «Системный анализ в экономике». – М.: 2010. С.173.

64. Щепетова С.Е. Жесткие организационные структуры как угроза качеству управления (часть1) //Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 4. № 3. С. 18-22.

65. Щепетова С.Е. Жесткие организационные структуры как угроза качеству управления (часть2) //Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 4. № 4. С. 38-43.

66. Щепетова С.Е. К вопросу о системных исследованиях социально-экономической сферы //В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 126-139.

67. Щепетова С.Е. Качество жизни: о факторах феномена «смещения целей и функций» социально-экономических систем //Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. № 06-3. С. 257.

68. Щепетова С.Е. Личностные и системные архетипы как модельный фундамент объяснения социально-экономических явлений //В сборнике XVII Международной конференции «Системная экономика, экономическая кибернетика, мягкие измерения». 2014.

69. Щепетова С.Е. Менеджмент и экономика качества: от естественного к формальному, от формального к естественному. М. УРСС, 2004. 525 с.

70. Щепетова С.Е. Моделирование и синтез гибких экономических систем. – Н.Новгород: Изд-во «Гладкова О.В.», 2009.

71. Щепетова С.Е. Прошлое и будущее в аспекте создания гибких экономических систем //В сборнике: Из прошлого в будущее Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. 2015. С. 137-186.

72. Щепетова С.Е. Системное мышление, социально-ориентированная инновационная активность и качество жизни экономических агентов //В сборнике: Новые институты для новой экономики Сборник материалов XII Международной научной конференции по институциональной экономике. 2018. С. 399-401.

73. Щепетова С.Е. Экономика качества, или как здравый смысл, человечность и стремление к совершенству преображают компанию //Менеджмент качества. 2008. № 1. С. 46-58.

74. Щербаков, Г. А. Инновации преодолевают депрессию. Влияние процесса внедрения технологических, управленческих и социальных нововведений на долгосрочную динамику мирового экономического развития: монография / Г.А. Щербаков. – М.: НПК «Интеллект-С», 2009. – 268 с.

УДК 007.52:519.6:539.3:681.3

Панкратова Наталья Дмитриевна,
зам. директора, д-р техн. наук, проф.,
чл.-корр**.** НАНУ.
Панкратов Владимир Андреевич,
м.н.с., канд. техн. наук.

РОЛЬ И МЕСТО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Киев, Украина, Институт прикладного системного анализа
Национального технического университета Украины «Киевский
политехнический институт им. Игоря Сикорского»
natalidmp@gmail.com, pankratov.volodya@gmail.com

Аннотация. Приводится общая характеристика проблематики системного восприятия мира, системного мышления, системности, роли и места системного анализа в практической деятельности человека. Определяется роль и место системного аналитика в практической деятельности, показана его роль как эксперта. Предлагается представление исходной информации об объекте в виде концептуальных пространств условий и свойств объекта, как основы для решения междисциплинарных задач в условиях неопределенности и многофакторных рисков.

Ключевые слова*:* системный анализ, методология, неопределенность, риски, глобализация, сложность, концептуальные пространства.

Nataliya D. Pankratova,
Deputy director, dr. of tech. sc., Professor,
Corresponding member of NASU,
Vladimyr A. Pankratov,
Junior Researcher, cand. of tech. sc.

ROLE AND PLACE OF SYSTEM ANALYSIS IN PRACTICAL ACTIVITY

Kiev, Ukraine, Institute for Applied System Analysis of National Technical
University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
natalidmp@gmail.com, pankratov.volodya@gmail.com

Abstract . A general description of the world systemic perception problems, systemic thinking, systems, the role and place of systems analysis in practical human activity is given. The role and place of the system analyst in practical activities is determined, his role as an expert is shown. It is proposed to present the initial information of the object in the form of conceptual spaces of the object conditions and properties as a basis for solving interdisciplinary tasks for conditions of uncertainty and multi-factor risks.

Keywords: system analysis, methodology, uncertainty, risks, globalization, complexity, conceptual spaces.

Введение. На границе 19 и 20 веков В.И. Вернадский обнаружил системность взаимосвязей различных эволюционных процессов в масштабах нашей планеты, их зависимость от процессов, происходящих во Вселенной. В результате научных поисков и размышлений о перспективе биосферы В.И. Вернадский обосновал гипотезу о естественном: насущную необходимость трансформации биосферы в сферу разума - ноосферу, что обеспечивает глобальный гомеостаз Природы с помощью рациональной, гармоничной, почтительной сотрудничества человека с Природой [1]. Выводы этого учения имеют четко выраженную практическую направленность. Так, одним из главных выводов является утверждение о том, что на определенном уровне развития цивилизации возможен такой уровень взаимодействия человечества с Природой, при котором его потребности в ресурсах превысят возможности Природы. Для разрешения такого противоречия необходимо, по мнению В.И.Вернадского, чтобы человечество осознало практическую необходимость принятия на себя ответственности за дальнейшую эволюцию планеты; в противном случае у человечества не будет будущего. Таким образом, указанные фундаментальные достижения в познании Природы можно рассматривать как начальные ступени к пониманию практической необходимости системного восприятия мира, системного мышления, системности человеческой практики.

Цель настоящей работы заключается в выявлении роли и места системного анализа в практической деятельности человека, обусловленных новыми тенденциями, стратегическими научными направлениями, технологическими достижениями, которые в краткосрочной или долгосрочной перспективе смогут существенно повлиять на экономическое, социальное, технологическое развитие в будущем.

1. Общая характеристика проблематики

В настоящее время в науке и просвещении происходит глобализация исследовательской и учебной деятельности за счет формирования новых исследовательских сетей и систем дистанционного обучения, действующих в мире независимо от географических или политических границ. Современные телекоммуникационные сети позволяют отдельным ученым или научным коллективам становиться членами глобального исследовательского пространства в соответствующей сфере знаний, не покидая при этом свою страну, учреждение и дом. Таким способом они получают доступ к новым идеям, методам или приборам и присоединяются к глобальному творческому процессу. Эти содружества ученых получили название «виртуальных лабораторий». Они становятся все более ор-

ганизованными, а их деятельность более эффективной и значимой. В последнее время приобрели большое значение проекты по дистанционному обучению и научные проекты, в которых одновременно участвуют тысячи исследователей из десятков стран мира (например, проект в сфере физики ядерных частиц, так называемый проект CERN).

Для решения поставленных сложных междисциплинарных задач становится целесообразным создание и интенсивное развитие современных концепций и моделей с целью определения перспектив развития социально экономических систем и путей их реализации. Появляется практическая потребность в качественно новых, системно согласованных принципах, подходах, методах выявления возможностей и оценки перспектив и тенденций инновационного развития сложных систем различной природы в рамках системного анализа для дальнейшего принятия решения у условиях конфликтующих целей, неопределенностей и многофакторных рисков [2-6].

2. Системность человеческой практики

Возрастание интереса к системным исследованиям обусловлено глубокими качественными изменениями в научно-техническом и социально-экономическом развитии цивилизации, которые связаны с непрерывным усложнением технических средств и технологий производства, с появлением принципиально новых видов техники, с усилением взаимосвязи и взаимозависимости явлений и процессов различной природы: экономических, социальных, экологических, технологических, информационных. Важная роль в этих изменениях принадлежит научно-техническому прогрессу. По существу, системные исследования в практической деятельности появились как ответ на постоянно нарастающую сложность инфраструктуры мира**:**

- усложнение техносферы и структуризация ее представления и формализации, как многоцелевой, многоуровневой, многосвязной иерархической системы;
- непрерывное ускорение темпов смены поколений технологий в различных отраслях производства и поколений разнообразной техники различного назначения;
- непрерывный рост сложности, взаимозависимости и взаимосвязи практических задач управления экономическими, социальными, экологическими, технологическими, научно-техническими и другими процессами.

Данные факторы обусловили существенное повышение требований к качеству и эффективности управления в разных сферах практической деятельности человека, содействовали созданию потребности в новых средствах и методах формирования и обоснования решений. И по-

тому на определенном этапе развития цивилизации появляется большая потребность в системном мышлении, системной методологии, системном исследования. Определяющими объективными факторами является разнообразие взаимосвязей и сложность взаимодействия различных элементов структуры рассматриваемого объекта, а также высокий динамизм, многообразие и сложность взаимодействия данного объекта с внешней средой. Важнейшими субъективными факторами системности являются многочисленные формы взаимодействия исследователя, системного аналитика или разработчика объекта исследования.

Указанные факторы касаются различных организационных, научно-технических и методологических проблем. Среди последних основными с позиции достижения поставленных целей исследования являются следующие:

- определение граничных свойств и характеристик объекта исследования;
- формулировка общей задачи системного анализа для объекта исследования;
- выбор или разработка необходимого инструментария для решения задачи.

Таким образом, решению подобных задач присущая определенная доля субъективизма. И это вполне естественно, поскольку процедура формирования условий и критериев для них является принципиально не формализуемой, исследователь выполняет ее субъективно на основе собственного опыта и интуиции. Неформализуемость, нечеткость, неопределенность исходной информации и ряд других важнейших особенностей системности практической деятельности человека определяет целесообразность рационального совмещения во время проведения системного анализа как интуиции и опыта исследователя, так и объективных знаний, а также вычислительных возможностей компьютеров. В этом своеобразном симбиозе возможностей и объективных научных знаний компьютер играет роль усилителя интуиции и творческого начала человека, то есть роль мощного инструмента при решении задач системного анализа.

Следовательно системность практической деятельности человека диктуется самой сущностью окружающего целостного мира, то есть она не является результатом трактовки и понимания объекта исследования соответствующим разработчиком или системным аналитиком. Другими словами, эта категория является объективной. И чем больше человек овладевает методом системности, тем более сложным и загадочным для него становится этот феномен. Это положение создает значительные трудности в выявлении и интерпретации физического смысла системно-

сти. Трудности интерпретации физического или иного смысла системности обусловлено как сложностью и целостностью окружающего мира, так и сложностью и многогранностью взаимодействия с ним человека. Следовательно, интерпретация системности должна быть связана с интерпретацией сложности. Но, как справедливо заметил Р.Розен: «Наши интерпретации понятия «сложности» почти столь же разнообразны, как и сама сложность». Поэтому обобщенные интерпретации системности не могут быть единственными. В широком смысле под системностью следует понимать структурную взаимосвязь и целенаправленное функциональное взаимодействие определенных элементов и частей, как материи, так и материальных объектов. С этой точки зрения системность является глобальным свойством, формирующим и связывающим практическую деятельность человеческого общества.

3. Роль и место системного анализа в практической деятельности

Роль и место системного анализа в практической деятельности человека будем рассматривать с прагматической точки зрения [7]. В данном случае определяющей особенностью задачи является неполнота, неопределенность, неточность, нечеткость и противоречивость исходной информации. Действительно, при разработке, эксплуатации или исследовании объекта не удается в полной мере учитывать свойства и влияние среды. Но внешнее окружение объекта, как правило, не имеет четких границ, поскольку любой объект в практической деятельности человека имеет многообразные связи с внешним миром — энергетические, материальные, информационные, природные и т.д. Более того, не существует в принципе системы универсальных постоянных, которые позволяли бы четко и однозначно количественно характеризовать все возможные связи и взаимодействия. Еще одной особенностью системной задачи в структуре взаимодействия человек⇔объект ⇔ среда является неопределенность и неоднозначность целей. В задаче взаимодействия нельзя количественно однозначно охарактеризовать цели разработки или исследования определенного объекта. Дело в том, что любой объект должен удовлетворять одновременно множеству целей, которые, как правило, противоречивы или противоположны. К примеру, противоречивыми являются цели достижения высокой прочности конструкции и малого веса, высокой надежности и низкой стоимости и т.д. К тому же цели разработки должны учитывать многие латентные факторы, которые могут иметь принципиальное значение в случае наличия альтернативных решений. Это могут быть эстетические, эргономические, этнические и другие аналогичные факторы, в частности, определенные привычки и навыки потенциального пользователя и т.д. Отсюда следует необходимость

поиска рационального компромисса как между разными группами факторов взаимодействия человек ⇔ объект ⇔ среда, так и внутри каждой группы. В частности, при определении границ объекта, разработке общей формулировки задачи исследования необходимо обеспечить рациональный компромисс между определяющими обобщенными противоположными критериями — максимизацией качества решения и минимизацией сложности процедуры решения. Из сказанного следует очевидный вывод: решение многих задач в процессе практической деятельности человека требует поиска рационального компромисса. А такая процедура является достаточно субъективной, поскольку критерии сравнения и предпочтения альтернативных вариантов выбираются лицом, принимающим решение (ЛПР). Отсюда следует вывод, что при одних и тех же исходных данных различные ЛПР могут получать решения, которые существенно различаются между собой практически по подавляющему большинству показателей. В жизни есть немало убедительных примеров, практически подтверждающих данный тезис. В частности, убедительным доказательством является большое разнообразие однотипной продукции даже в условиях жестких ограничений национальных и международных стандартов.

Проведенный анализ позволяет сделать следующий вывод. Системность практической деятельности человека определяет необходимость системного анализа на различных уровнях исследования взаимодействия элементов как внутри системы человек ⇔ объект ⇔ среда, так и на более высоком уровне: системный аналитик ⇔ человек ⇔ объект ⇔ среда, что по существу определяет роль и место системного аналитика в практической деятельности. Обусловлена его роль как эксперта, который должен оценить возможную степень достижения поставленных целей на основе результатов деятельности сложной системы [8].

Очевидно, что только этой функцией значение системного аналитика и соответственно роль системного анализа как научной методологии не ограничивается. Такой вывод следует непосредственно из принципиальных особенностей и отличий практических системных задач от типовых задач аксиоматических дисциплин, например, рассмотренных в рамках теории исследования операции, теории оптимизации и т.д. Это отличие состоит в том, что практические системные задачи являются концептуально неопределенными [6], исходя из того, что им присущи принципиальные неопределенности, неоднозначности, риски, противоречивости множественных целей, наличие в исследуемых системах элементов различной природы и информации различного характера (количественного и качественного), что циркулирует между этими элементами. Отсюда следует, что сложность таких задач намного выше, чем

сложность задач аксиоматических дисциплин, поскольку в исходной постановке они являются неформализуемыми. Формализация является одной из сложнейших процедур при постановке и решении системных задач любого вида. Тем не менее, на практике формализации поддаются только отдельные составляющие более сложных задач. В частности, одной из важнейших составляющих является определение и формулировка целей в виде целевых функций. Задачу их формирования можно представить такой последовательностью взаимосвязанных задач:

- сведение исходной вербальной, числовой, эмпирической и других видов информации к некоторому стандартному виду, который дает возможность сформулировать цели исследования;
- выбор класса и структуры приближающих функций при формировании целей;
- выбор критериев, принципов, подходов и методов построения целевых функций;
- нахождение целевых функций в принятом классе функций, которые обеспечивают формализацию вербально сформулированных целей с допустимой на практике погрешностью.

От обоснованности и достоверности результатов выполнения этой начальной процедуры при решении практических системных задач может зависеть конечный результат разработки нового сложного технического изделия или результат анализа сложной проблемной ситуации. В тоже время от конечного результата может зависеть деятельность больших коллективов исполнителей, научных организаций и промышленных предприятий, что характерно для разработки сложных технических систем, например, космических аппаратов, электростанций и др. Аналогичные свойства присущи многим локальным задачам, которые возникают после декомпозиции общей задачи системного анализа. Очевидно, что решение этих задач требует системного мышления и системных исследований.

4. Классификация задач и процедур системного анализа

Процессы мировой глобализации послужили причиной необходимости разработки новых концепций, подходов, приемов решения современных сложных задач, что обусловило потребность принципиально по-новому пересмотреть их постановки и решения. При формализации и решении реальных системных задач целесообразно использовать конструктивный и удобный способ представления сходной информации об объекте в виде концептуальных пространств условий и свойств сложной системы [2]. В современных условиях эти пространства должны обеспечить новое видение взаимодействия элементов в структуре системный аналитик ⇔ че-

ловек ⇔ объект ⇔ среда. Такой способ должен обеспечить наглядность согласования основных факторов — свойств объекта исследования, исходной информации и условий функционирования объекта с учетом неопределенностей разной природы и многофакторных рисков. Согласование должно быть системным и учитывать цели, задачи, ожидаемые результаты функционирования объекта, сложность ситуаций, в которых он функционирует, а также уровень дефицита информации о сложности, связанные с целями и условиями его функционирования (рис. 1).

Факторами ограничения в этом случае являются затрачиваемые ресурсы на проведение вычислительных процессов и эмпирических процедур системных исследований.

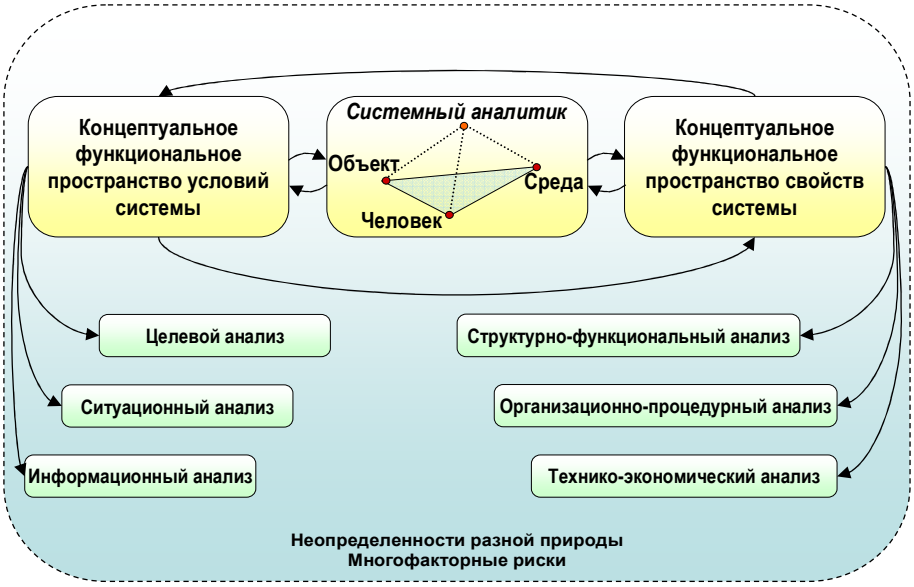


Рис. 1. Структурная схема формализации задач системного анализа

Предложенные концептуальные функциональные пространства условий функционирования и свойств функционирования системы базируются на свойствах и особенностях процедур системного анализа сложных систем, назначения и основные функции которых следующие:

♦ *Целевой анализ* — применяется с целью выявления частных целей поведения сложной системы для достижения поставленной перед нею главной цели.

♦ *Ситуационный анализ* — используется для выявления ситуаций и их характеристик, которые определяют основные условия функционирования сложной системы.

♦ *Информационный анализ* — применяется для определения объема, полноты и других показателей информации о сложной системе и

среде (без наличия такой информации невозможно определить степень достижения системой заданной цели в складывающейся ситуации).

♦ *Структурно-функциональный анализ* — позволяет определить необходимый уровень потенциальных возможностей функциональных элементов сложной системы и степень взаимосвязей и взаимозависимостей ее функциональных элементов для достижения заданных целей функционирования системы в априорно складывающейся ситуации.

♦ *Организационно-процедурный анализ* — применяется в случае необходимости проявить оптимальные способы организации процессов управления и рационального выбора процедур, которые обеспечивают достижения заданных целей в определенной ситуации.

♦ *Технико-экономический анализ* — позволяет определить ресурсы, необходимые для достижения поставленной перед сложной системой цели с учетом заданных показателей качества.

Формализация приведенных процедур позволяет в полной мере решать междисциплинарные задачи системного анализа в условиях неопределенности разной природы и многофакторных рисков [9, 10].

Заключение. В практике разработки, испытания и доведения реальных сложных систем требования, критерии, основные условия исследования и эксплуатации определяются в процессе выполнения соответствующих этапов на каждой стадии жизненного цикла системы. Жизненный цикл разных типов сложных систем может различаться вариантами стадий. в частности, жизненный цикл сложного уникального технического изделия включает такие стадии: проектирование, разработки опытного образца, серии его испытаний, опытной эксплуатации образца, серийного производства и эксплуатации изделия. Завершается жизненный цикл любого изделия, которое отработало установленный ресурс, обычно стадией утилизации. При этом не существует точного метода или алгоритма формирования рациональной иерархической структуры, включающей рациональный выбор количества иерархических уровней, рациональное формирование требований к функциональным элементам всех уровней, рациональный выбор функциональных элементов каждого иерархического уровня. Как правило, решение подобных задач невозможно без привлечения опыта, знаний, умения, интуиции и предвидения ЛПР, владеющего методологией системного анализа для принятия решения в условиях конфликтующих целей и многофакторных рисков.

Список литературы

1. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера. — М. : Наука. – 1989. – 261 с.
2. Zgurovsky M.Z., Pankratova N.D. System analysis: Theory and Applications. Springer.-2007. - 475 p.
3. Панкратова Н.Д. Системний аналіз. Теорія та застосування. – Київ: Вид-во Наук.думка –2018. –348 с.

4. Панкратова Н.Д., Волкова В.Н. Методологии систем и системного анализа как основа развития информатики // International Journal “Information Theories and Applications”, Vol. 12, Number 1. – 2018. – P. 3-17.
5. Волкова В.Н.. Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавра. 2-е издание, перераб. и дополненное. М.: Изд-во Юрайт. –2014.
6. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. –Киев: Изд-во Наукова думка –2011. – 743 с.
7. Панкратова Н.Д. Тенденции и проблемы развития системного анализа как прикладной научной методологии //Сб. Научных трудов XXII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». (SAEC-2018). – анкт-Петербург, 22-24 мая, 2018. – С.28-44.
8. Панкратова Н.Д. Становление и развитие системного анализа как прикладной научной дисциплины //Системні дослідження та інформаційні технології. №1. – 2002. – С. 65-95.
9. Pankratova N.D. The integrated system of safety and survivability complex technical objects operation in conditions of uncertainty and multifactor risks // Proceedings of conference IEEE (№50). May 29 – June 2, 2017, Kyiv, Ukraine. – P. 1135-1140.
10. Pankratova N. D. System Optimization of Complex Constructive Elements of Modern Technology // Cybernetics and Systems Analysis. May 2001, Volume 37, Issue 3, pp 398-407.

УДК 303.732

Felix P. Tarasenko,
D. Sc. (Information theory and Cybernetics), Prof.

A SURVEY OF METHODS OF SOLVING REAL-LIFE PROBLEMS

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.
ftara@ich.tsu.ru

Abstract. Whatever people are doing, any of their purposeful activities (whether it is satisfying personal needs, or consumer service, social life, up to politics, high technologies, science and philosophy) is a trial of solving certain problem. Problems could be various: easy and difficult, small and large-scaled, simple or complex. And in practice we solve our problems with different levels of success. Desire to be always successful has led, during the last century, to appearance and development of practical section of systemology – Applied Systems Analysis, that generalizes positive and negative experience in solving problems, reveals causes of successes and failures. In this paper we present an attempt to give a survey of wide variety of methods of tackling different problems.

Keywords: Systems analysis, problem and problem situation, solutions of a problem, subjective and objective aspects in solving problems.

1. Asic notions

The basics of the systems view of the world were developed by many scientists and philosophers during the long history of our civilization; but as an entire doctrine in its complete form, it was presented for the first time by A. A. Bogdanov (Malinovsky) in his “Tectology” [1]. It was published in

Russia at the beginning of the 20th century, but for political reasons (Bogdanov was a losing rival to Lenin for leadership in the Bolshevik party) it was suppressed and did not receive appropriate publicity.

The next wave of proclamations of the general view of the world was begun in the middle of the last century, shortly after WWII, by several outstanding systems thinkers and practitioners: Cybernetics by N. Wiener [2], General Systems Theory by W. R, Ashby [3] and L. Bertalanffy [4], The Art of Problem Solving by R.L. Ackoff [5], The Organizational Revolution by K. E. Boulding [6], The Non-Linear Dynamics (Synergetics) started by J. W. Forrester [7], I. Prigogine [8] and continued by many other outstanding authors, including Per Bak with his Science of Self-Organized Criticality [9]. Several attempts were made to generalize these ideas [10 – 13].

Gradually, it became clear that all these and related works formed an entire integral body of knowledge about the whole Nature and humanity as its part. This knowledge encompasses philosophy, methodology, theory, science, art, and practices of subjective (human) behavior. It was given a name of *Systemology*. And its phactical, technological part is *Applied Systems Analysis.*

Before discussing ways to solve problems, it is necessary to define the very concept of a problem. It is based on the fundamental concept of a problem situation [13].

A problem situation is some real set of circumstances, a state of things that someone is unhappy with, dissatisfied, and would like to change. This definition is illustrated in Fig. 1. Now we concretize the concept of the problem. *The problem* is the subjective negative attitude of the person to reality.

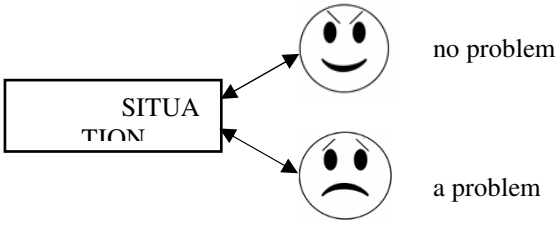


Fig. 1.

Let us pay attention to three points. First: our definition really fits any problem, regardless of its origin and nature. Thus, we began to describe a universal method of dealing with problems. Second, in terms of the problem and the problem situation, two aspects are inextricably linked — objective (the presence of a real situation) and subjective (a negative assessment of reality by the subject). The difference between these concepts in what the emphasis is on: the “problem” situation highlights the objective component (reality), the “problem” – the subjective one (dissatisfaction). Third, there are no problems around us: the problem is a special state of the subject's psyche.

What does “to solve the problem” mean? From the definition it becomes clear that anything should be done for this, if only *to reduce or completely remove the discontent of the subject.* (In the following, such a subject will be called a “client”, and the person helping in solving his problem will be called “systems analyst”, or “facilitator”).

2. Problem Solving Options

It turns out that there are a number of ways to solve problems. Which one or more of them to apply in a particular case, will be decided by those who are engaged in solving the problem, and tis depends on specific peculiarities of a problem situation considered. But now let us discuss what are all the possible options.

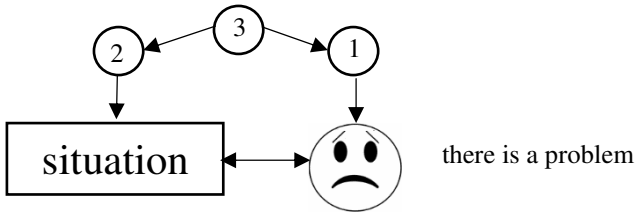


Fig. 2.

They are naturally divided into three groups: 1) to influence the subject in order to reduce his dissatisfaction, – without changing reality; 2) to change the reality so that the dissatisfaction of the subject is weakened; 3) to arrange a most proper combination of both possibilities (see Fig .2). Consider each of the groups.

3. Ways to influence on the subject

There are three possibilities to change the attitude of the subject to reality for the better, without changing reality itself.

First of all, what is the subject dissatisfied with? With what he knows about the situation. But he does not know everything! And among the things that he does not know, information of a positive nature may well be. If you let it know to the subject, then his dissatisfaction will decrease.

There are many examples of this, but the case deserves special attention when this option is carried out in the form of subject educating, teaching, training. In this case, the cause of dissatisfaction is precisely the lack of information, and getting it during training leads to a solution to the problem. Interestingly, when familiarizing with several American firms practicing systems analysis, it was found that about 90% of the problems of their clients were solved namely through training, retraining and advanced training of the client’s company personnel. This illustrates the fact that if you want to change

reality¸ change yourself first. Or rather, it is a sequence of subjective aspect of a problem.

It is worth mentioning another peculiarity of this method of solving problems. Additional information provided to the client must necessarily be positive, but not obligatory true. There are cases when the problem is resolved with the help of false information. Everyone can remember an episode from his life when he was telling a lie. And if you admit to yourself why the deception was preferred to truth, it turns out that with the help of lies in those conditions it was possible much easier and faster to reach the goal than with the help of truth. This is not an excuse, and certainly not propaganda of a lie, but only a statement of the fact that there would be no lie if it were not useful. In all languages there are such concepts as “lie for salvation”: “white lie”, “holy lie” in social life; plus, disinformation of an enemy in war, fake news in politics, mimicry among animals, insects, and even plants …

Another option for manipulating information is sorting out the useful truth from harmful one, or preparing an effective mixture of truth and lies (see Fig. 3). For example, one Dutch poultry farm managed to significantly increase the productivity of meat production by setting chickens eye lenses with a darkened top. The fact that the chickens there is a hierarchy: the larger is the bird’s crest, the higher it is in the hierarchy. And during feeding, "senior" drive away "junior" from the trough. Lenses do not allow a bird to see who has what crest; disputes have ceased, the food, being stopped "dosed", has dramatically (by about 20%) increased the growth of all birds.

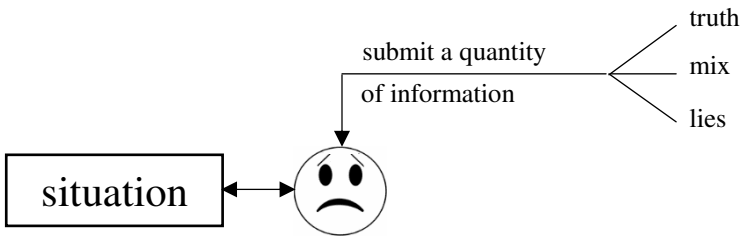


Fig. 3.

The next possibility to solve the problem without changing the reality is to change the perception of this reality by the subject. Since the evaluation of the subjects of their relationship with the environment is a mental phenomenon, then there is the possibility of influencing on the psyche of the subject in the right direction. Forms of influence can be different: mental (hypnosis, suggestion, propaganda, advertising, etc.); physical (effects of various fields – acoustic, electric, magnetic); chemical (psychotropic drugs, narcotics, alcohol). See Fig.4.

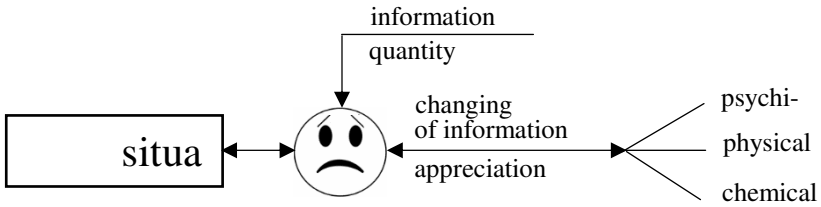


Fig. 4.

Let us emphasize that we do not evaluate what is good and what is bad; we merely state that there are actual opportunities.

The third possibility to solve the problem without changing the problem situation itself is based on the fact that the problem arose as a result of the interaction of the subject with the situation. Therefore, sometimes the problem can be solved by interrupting this interaction (see Fig.5).

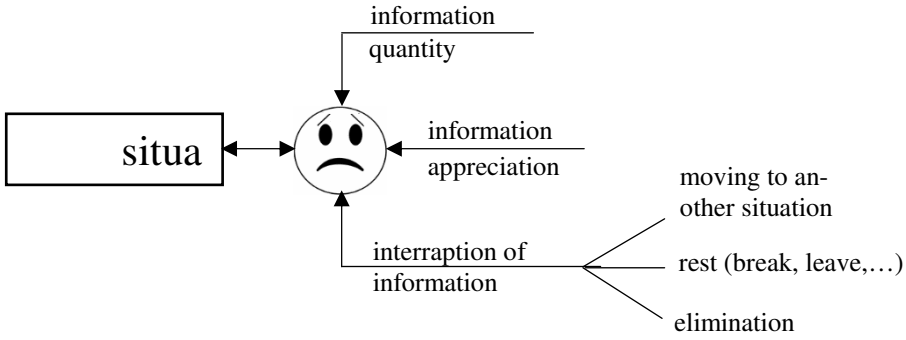


Fig. 5.

Here, too, there is a whole range of options: from pleasant ones to the problem carrier (promotion, assignment to study or vacation), using more or less neutral (transfer to another department, rotation), to painful ones (dismissal, etc.) and even to the extremely cruel, condemned, but, unfortunately, still existing ("There is a person - there is a problem, there is no person - there is no problem").

4. Intervention in reality

Let us now turn to the second group of possibilities for solving the problem — by intervening in the problem situation itself. Naturally, the intervention should change the situation in such a way that the client's discontent decreases or disappears altogether. However, at the same time we have to face a very significant circumstance, which, in fact, gave impetus to the detailed development of the technology of applied system analysis. However, at the same time we have to face a very significant circumstance, which, in fact, stimulates the detailed development of the technology of applied system

analysis. The fact is that in a real (problematic for our client) situation, not only our problem carrier is involved, but also many other actors who assess this situation from their own positions. For them, it may not be a problem, or their problems differ from the client's problem (Fig. 6).

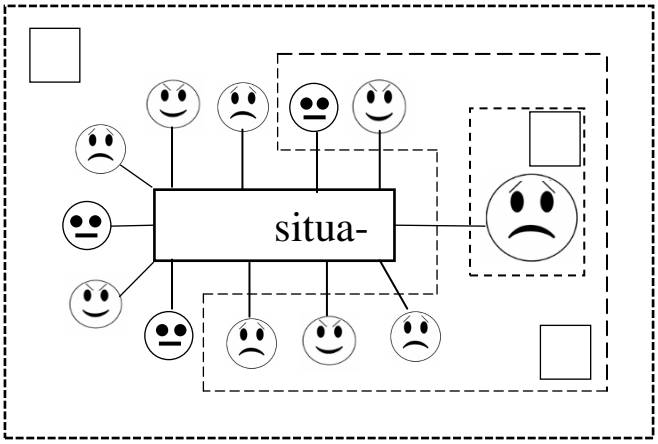


Fig. 6.

Any change in the situation as a result of our intervention in it will be noticed and evaluated by all its participants, and not necessarily it will be approved by all.

A fundamentally important question arises: how should one proceed in connection with this circumstance?

To answer this question, let us turn to the fundamental, cardinal difference between the object and the subject. The subject, being simultaneously a physical object, exists in a real physical environment and, like any other object, is subject to the effects of this environment. Unlike the object, the subject is not only subordinate to natural laws, but also endowed with the ability to evaluate its interactions with the environment: he may or may not like something. This is where the individuality of the subject is laid. For now, we emphasize that the assessments are purely individual, subjective; there can be no objective assessments. As a result, the same reality is evaluated by different subjects differently.

The following advice may be useful in this regard:

> *Whenever any evaluative word is heard in your presence (*good - bad, useful - harmful, right - wrong, etc.*), be alert and ask the question:*
> *"In what sense?"*

The essence of the advice is that there are no evaluations objective. Evaluations are always subjective, and if you want to understand the true meaning of what has been said by others, you need to find out what criteria

the evaluator applies; different subjects may evaluate the same thing differently.

Let us now return to our question of how to act, solving the client's problem if there are other participants in the situation with inevitably different interests. Answer: we must act correctly. The word "correct" is an evaluative one, hence the question arises of what is meant by this.

5. Three types of ideologies

The *correct* behavior is considered to be the maximum consistent with the ideology adopted by the subject. It is ideology that determines what is bad and what is good, what is right and what is wrong – for the person.

It turns out that ideologies may be different. The choice of each "own" ideology is a complex result of personal choice, the impact of education, culture and circumstances. Ideologists cite a large number of arguments in favor of their own ideology, discussing its many differences from other teachings. However, you can point out one feature that helps to distinguish between ideologies. This is the definition of *what attitude to other subjects is correct.*

Although many various gradations between ideologies can be introduced (like between numerous political parties in some countries), the essential differences in attitude to others can be made between the three types of ideologies. And each of them leads to different approaches to solving the real-life problem.

The first type of ideology is called conditionally *"the principle of the priority of the main person"*. In our case (Fig. 6, field 1), this principle leads to an intervention that is pleasing to the client, no matter of the opinions of other participants. Some of them may like it, some – not, but it must be implemented by all means. There are real-life examples of the implementation of such an ideology: dictatorship, monarchy, autocracy, unity of command, hierarchical organization, egoism, self-esteem, etc. You can even explicitly admit that in some circumstances, such an ideology gives the greatest chance for success (army, war, emergency, need to concentrate efforts of many people on a single common purpose, etc.).

It is necessary, however, to keep in mind that a number of features are inherent in the implementation of this ideology, which will inevitably have to be taken into account. First, the implementation of such an approach to solving the problem of the number-one-person will surely cause discontent of a certain part of the other participants in the situation, which will prompt them to respond. Hence, those who accepted this ideology should have the power to suppress the discontented and the willingness to use this force.

The second ideology can be called the *"group priority principle"*. According to it, among the participants of the situation, besides the client, there

are other subjects no less important and valuable than the client (in Fig. 6 - field 2).

Therefore, now the intervention should be carried out taking into account the interests of all "ours". This, on the one hand, complicates the design of the intervention, but on the other, it opens up the possibility of using the resources of not only the client, but also the rest of our group. There are many examples of real practice of this ideology: racism, nationalism, fascism, communism, capitalism, – any group activity, including political party, trade union, sports, etc.). We emphasize that here we do not set the task to assess such ideology: for those who accepted it, it is the only correct one, for opponents it is unacceptable. However, it is worth noting some of the inherent features of this ideology, which are latently embedded in it and in appropriate conditions may manifest themselves negatively. First of all, this is a double morality: by dividing everyone into “us” and “them”, “ours” and “alien”, it allows them to be treated differently. In the class policy variant, “not ours” are generally regarded as enemies, which leads to aggressiveness and build-up of power structures. Different groups resolve this contradiction in different ways, stories are known for successful and tragic variants.

And now – the good news: applied systems analysis adheres to the third ideology (see Fig. 6 - field 3). It can be called *"the principle of priority of all and each"*. It is based on two postulates:

– there are no identical subjects, they are all different;

– despite the differences, all subjects are possessing equal rights and have equal social value.

It follows that it is wrong, immoral to solve the problems of some at the expense of others. Correct, moral is recognized only the improving intervention. *Improving intervention* is a change in a problem situation that is positively evaluated by at least one of its participants and non-negatively by all others. Naturally, our client should be among those who positively assess the proposed intervention.

In connection with the above, applied systems analysis can be called *the theory and practice of design and implementation of improving interventions.* And since this does not give rise to new discontent among any of the participants in the situation, another definition of applied system analysis can be formulated as *a technique for solving real-life problems without creating new problems*.

An inventor, developer, disseminator, advocate, and successful practitioner of improving intervention in practices of solving problems was Russell L. Ackoff. His findings and achievements became one of the most significant developments in management of the 21st century (see, for instance, his book “Idealized Design” [14].

6. Is improving intervention feasible?

The experience shows that when the definition of improving interventions in the audience is announced, there necessarily found skeptics (and the older the audience are, the more of them), who consider what has been said to be a beautiful, but unattainable goal. There are many reasons for skepticism. Let's discuss the main ones.

• ***"It is impossible to make everyone feel good".*** This is a substitution of the thesis: improving intervention is not when "everyone is good", but when no one is worse, and this is not the same thing.

• ***"Experience shows that no solution to any complex problem is possible without creating new problems".*** In reality, it often happens. But this is only a consequence of the fact that the systems technology was not realized properly. Obvious examples of this are the anti-alcohol campaigns conducted in USA in the beginning of XX century, and in the end of it during the Soviets era in USSR. Both attempts failed, producing many new problems. The negative experience of solving problems is not connected with the impossibility of solving them successfully, but with non-compliance with the requirements of their systemic solution (fight with symptoms, not with reasons, or not taking into account some essential ties with environment).

• ***"Very often failures in solving problems are due to lack of resources and mistakes in decision-making".*** Therefore, it is important to consider improving intervention as an ideal to be pursued, even if it turns out to be not fully achievable. "Improving intervention is often difficult to find, but rarely impossible" (R. L. Ackoff). Applied systems analysis proposes a method of moving toward a goal, although the practice of this movement may come up against a lack of information, making mistakes, insufficient resources, and a shortage of time. It is important to move in the right direction as far as possible.

Perhaps the most serious reason for doubting the feasibility of improving interventions is ***the contradictory interests of the participants in the problem situation***, sometimes reaching the point of conflict. How can you make an improvement intervention when someone is dissatisfied with the very fact that others are better? Or when everyone seeks to prove and assert their rightness, and their positions are different or even incompatible?

There are several possibilities to move towards improved intervention even in such conditions (see below). And actually in the systems analysis it is offered to refuse clarification "who is right?", and move on to the search, the creation of "common agreement", preferring common peace and efficiency ("consensus") before their rightness [14].

7. Four types of improving interventions

Returning to the ways of solving problems, it is interesting to consider the classification proposed by R. Ackoff [15]. He noted that despite the enormous diversity, the dissimilarity of problems, there are only four ways to solve them.

7.1. ABSOLUTION.

This term in the colloquial English denotes the actions of a priest who forgives sins to parishioners: he listens to confession and *does nothing*. In the professional language of systems analysis, this term denotes *non-interference.* Please note: this does not make anyone worse. But preference should be given to non-interference only if any proposed interventions lead to worse results. Examples: actions of a doctor in case of difficulty of diagnosis (placebo), behavior of a sapper when an explosive device is found unknown to him, recommended non-interference in the family problem of your friends.

7.2. RESOLUTION

R. Ackoff proposed to designate with this term such a type of intervention, in which the problem is solved partially, not in the full scale, but in an acceptable way. There are several possibilities to do this.

The first is to use insufficient resources to completely solve the problem, in order to mitigate discontent, having solved this problem partially. A good example of this is some increase in wages, pensions and scholarships to public sector employees against the background of galloping inflation; allocation of limited resources by draw, by turns or equally.

The second possibility is to try to return to the state when there was no problem: determine what caused the problem and eliminate this cause; find the culprit and punish him. This (alas, common) solution is incomplete, partial, outdated: any event in the world is the result of many reasons, and the elimination of one of them is certainly not complete. Another example of such an approach is to repeat the action that has previously been successful in a similar case. But this is due to the risk of insufficient similarity of circumstances, which can lead to unexpected results.

7.3. SOLUTION

In the professional language of systems analysis, this word is a term denoting the best intervention under given conditions. The relevant scientific term “optimal” has already entered the spoken language and public consciousness, so it is important to understand and apply it correctly. *Optimal means the best under the given constraints.* For all the seeming simplicity of this definition, it requires explanation.

First, what does “the best” mean? The same objects can be ordered in different ways, depending on what quality to consider. The criterion that evaluates this quality allows you to find the best (against this quality) alterna-

tive. There is not a trivial question at all: how to choose the best option if the alternatives are compared not by one but by a combination of several criteria? It's important for us that before talking about optimality, it is necessary to specify, determine by which criterion (or criteria) the compared options will be ordered, i.e. in what sense we will use the term "best".

However, this is not enough for optimality. The second, no less important, integral part of the concept of optimality is the dependence of the result of choice on specific constraints in this situation. Under the same quality criteria, the choice from the same set of alternatives under different constraints will generally be different. Therefore, only those alternatives that satisfy the imposed restrictions make sense to compare with each other according to the chosen quality criterion: the best alternative in the sense of the criterion that does not meet the restriction cannot be implemented.

The desire to do everything as best as possible is so natural for people that it is not surprising how quickly the abstract mathematical concept of optimality has moved from science into business, governance, and even in everyday life. Although the widespread popularity of the idea of optimality, apparently, is a consequence of the great fashion for cybernetics in the 1950s – 1980s, a few people, except specialists, drew attention to the warning of N. Wiener, the cybernetics father, about the need for careful use of this concept.

The fact is that intervention in a problematic situation is based on the information we have about the situation. And the degree of knowledge of our situation may be different. There are well-structured problems that allow the construction of quantitative mathematical models; for example, many engineering and scientific problems (such problems are called "hard", – hard problems). But many of the problems of real life are described in languages far from mathematics, – from everyday problems described in spoken language, to professional ones, which are engaged, for example, many humanitarians and naturalists (such problems are called "fuzzy", "soft", — soft problems). Naturally, these differences are also taken into account in a number of details of the problem-solving technology, which makes it possible to speak of "hard" and "soft" technologies of applied systems analysis.

The difference between "hard" and "soft" methodologies of system analysis can be emphasized once again on the example of optimality. Both optimality components (criteria and constraints) are sensitive to this difference. The very requirement that the quality criteria and limitations are expressed quantitatively already means that the situation under consideration is so well studied that it allows the construction of its mathematical description. And the optimization problem is a formal mathematical problem, quite adequate to the problems of the" hard " type (and the course of optimization

methods is one of the largest and most ingenious mathematical subjects at the university).

But already within the framework of formal mathematical models, the “fragility” of optimal solutions was revealed: often even with small deviations from the assumptions in the formulation of the problem, the quality of its solution can change very dramatically. So consideration of the problems of stability (robustness) of solutions is an important section of the theory of optimization.

In the transition to "soft" problems the situation is much more complicated. And it's not just that for such problems it's harder (if at all possible) to find quantitative measures for criteria and constraints. The main thing is that the "softness" of the problem is a consequence of its little knowledge; in particular, there is no possibility to list all the important limitations, and this, as we have seen, radically affects the quality of choice. Hence, the optimality in this case should be considered an unattainable ideal, which is still worth striving for. And optimization attempts should be considered only as an element of the trial and error method.

7.4. DISSOLUTION

This term denotes an intervention, ending in complete extinction of the problem and non-appearance of new problems. It would seem, what could be better than optimal? The essential difference between the third and fourth methods is that “optimal” is the best under given conditions, and the “dissolution” considers the restrictions and conditions not as firmly fixed, but as subject to change or cancellation, in order to find new, previously unacceptable options, among which may be much more effective than previously optimal.

An important option to "dissolve" the problem is to prevent it, taking measures to ensure that it does not appear. Here, the change of the system is made not *after* the appearance of the problem in order to solve it, but *before* that - in order to prevent it.

A vivid analogy is the change in the fire protection system. In the past, this system mainly consisted of fire fighters, brave, exotically dressed, rushing down the street in their cars with flashing lights and sirens to fight fire, heroically save the lives of people and their property. In the current system, the majority of employees are fire inspectors. They without light and sound effects regularly check the buildings under their jurisdiction in order to prevent fires. They prescribe improving changes of objects and processes, reducing the likelihood of fire and possible damage from them. And this activity is no less – if not more! – important than extinguishing fires.

And in this way, in far-sighted organizations, special employees are introduced into the staff, whose duty is to conduct preventive inspection of all components of the organization, early detection of dangerous situations and

trends. Sometimes such employees are called “internal auditors”, “thinking engineers”, “inspectors”, etc. So far this function is implemented only in the form of an internal audit. A gape in organizations is the absence of persons responsible for the implementation of preventive improving intervention. This responsibility is assigned to managers who are already loaded with the management of the current activities of their unit.

R. Ackoff gave a vivid example of applying all four methods to solving one real problem.

A problem has arisen in a bus company in a large city: after the introduction of performance premiums for high quality, conflicts between drivers and conductors began. The fact is that the quality of the work of drivers was assessed by the accuracy of the observance of the timetable, and conductors – by how well they serve the passengers. During rush-hours, the conductors delayed the sending signal (they had to check not only the ticket availability but also the correct payment depending on the distance, and the incoming ones to sell the tickets, each to his destination station), and this adversely affected the drivers surcharge.

At first, the company's management ignored the problem (ABSOLUTION), expecting that everything would settle down by itself. But the problem continued to escalate, the trade unions were involved in the conflict. Then the leadership tried to return to the old system of payment (RESOLUTION), but both trade unions protested, as this would mean the abolition of surcharges. Then the management suggested to the trade unions to agree on the division of the surcharge fund (SOLUTION), but they did not want to cooperate with each other.

The problem was DISSOLUTED by a visiting systems analyst who discovered that during rush-hours the number of buses on the line (regulated during the day) was greater than the number of stops. At these hours, the conductors began to be removed from the buses and assigned to each stops. They were selling tickets before the bus arrived, they had time to check the tickets for those leaving and began to send a departure signal in time. At the end of the rush hour, the conductors returned to the buses, and the extra buses were removed from the line. In addition, the company took a smaller number of conductors.

This interesting example should not give the impression that the four types of solutions are arranged in order of absolute preference: in this case, “dissolving” (removal the restriction “conductors must always work in the bus”) turned out to be the best of them, but in other problems any other can be the best.

Moreover, the preference for a particular type of intervention depends on the mental orientation of the manager. R. Akoff proposed [15] to distin-

guish four types of managers engaged in planning, decision-making, and implementing decisions:

1. ***Reactive management*** is dissatisfied with the current situation and where everything is going; prefers what was in the past; management efforts are aimed at returning to the previous state by eliminating the causes of the changes. The preferred type of problem solving is *resolution*, the methods used are past experience, common sense, qualitative assessments, the choice of a "good enough", "acceptable" solution. An example of a satisfactory application of such an approach is the clinical practice of healing, but even then there are fatal failures. In management, such an approach is associated with authoritarian management, planning from the top down, aimed at solving separate problems, eliminating the undesirable without considering its connection with the other components of the situation (which often leads to the appearance of even more undesirable).

2***. Iinactive (passive) management*** - is satisfied with the present, wants neither a return to the past, nor future changes; impedes changes, appreciates stability; believes that if nothing is done, then nothing will happen, and that is good; that it is necessary to act only when there is a threat, a crisis. At the same time, unlike reactivists who are trying to eliminate the causes, inactivists are engaged in the suppression of symptoms ("crisis management"). The preferred type of problem solving is "*absolution*", ignoring or denying the problem, the hope that it will disappear or be solved by itself.

3. ***Preactive (preventive) management*** is convinced that the future will be better than the past and the present, therefore, it is trying to accelerate changes and use the opportunities associated with them. Forecasting the future, the ability to learn and adapt to changes in the environment, planning and creating changes becomes important. The preferred type of problem solving is "*solution*", finding the optimal solution, i.e. the best in given conditions. Technologies are mainly quantitative - methods of optimization, operations research, mathematical (more often - linear) programming, risk analysis, balance of expenses and income, etc.

4***. Interactive management*** not only does not want to return to the past and the perception of the present, but also to accept the impending future. It is sure that the future can be created by the efforts aimed at it. The preferred type of solution is *dissolution*, the implementation of changes in the system and/or its environment, leading to the disappearance of the problem. The technology of this is *idealized design.*

8. More about applied system analysis

This chapter has two objectives: to specify the concept of the problem and methods of solving it, and, moreover, to give a general idea of the applied

systems analysis itself. The first goal may be considered achieved (to the extent we need now). To achieve the second goal, two more features of applied systems analysis should be discussed, which have not yet been mentioned.

Consider the typical sequence of actions in time during the system analysis (Fig.7).

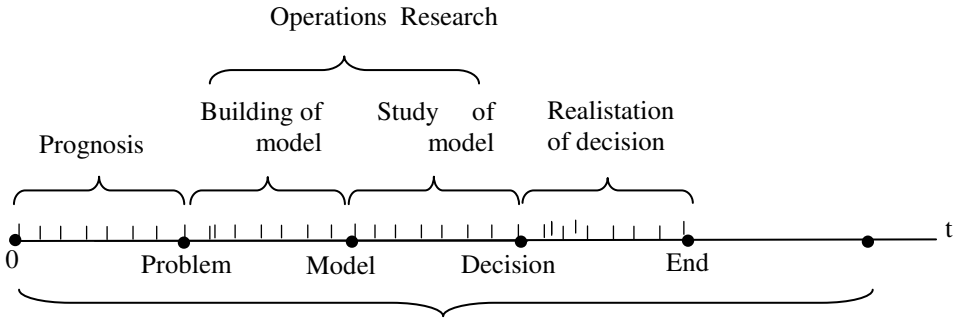


Fig. 7.

At the moment “Problem”, the client turns to the system analyst with his problem, which he could not solve on his own. After signing a contract that imposes a number of obligations on both sides, work begins in accordance with the technology

After a series of operations, there comes a moment “Model”, when we get a sufficiently adequate model of the problem situation. Now comes the period of playing on the model of the results of certain interventions. At the end of this period, a (usually multi-criteria) selection of the most appropriate option “Decision” is made. From the decision to its implementation – the path is not easy, also requiring a fairly strict adherence to technology (in modern language this period is called management). With diligence and luck, we can reach the End point when the problem is solved.

Now, let's pay attention to two more features of applied systems analysis.

The first follows from the fact that there was an *O* moment in the past (Fig. 7), when there was no problem at all. And if the client then turned to a systems analyst, one could to subject analyzing the course of the future and predicting the appearance of a problem while maintaining the firm’s style and tactics. But it would also be possible to design an intervention that would prevent the occurrence of the problem. This is reflected in a slightly humorous saying: "The best systems analysis is one that does not come true". Therefore, the forecasting technique is included in the arsenal of applied system analysis. So far this function is realized in organizations only in the form of internal audit. It is a fact, however, that clients most often turn to analysts after their own attempts to solve an already urgent problem fail.

The second, very important, fundamental feature of applied system analysis is indicated in Fig.7 coverage of the scope of analysis beyond the

limit “End” of the problem. It allows you to discuss the question: what will happen after the problem is solved? Of course, the former client will again have some problem. Not as a result of the solution of the previous one, if we tried to implement an improving intervention (in principle, not creating new problems), but in case of unavoidable changes in the environment and in the system itself. And what, go back to the consulting firm? This will not be necessary due to the specific feature of the systems analysis.

The matter of fact is that the problem solving process cannot be performed only by the system analyst (facilitator, consultant) alone. To build a model of a problem situation, information is needed that is possessed only by its participants themselves. Therefore, a mandatory element of the technology is their involvement in the process of working on a problem. The facilitator knows what questions, in what form, in what sequence to ask, to build an adequate model of the situation on the basis of the information received, and only the participants in the situation can answer these questions. Moreover, it is they, and not the facilitator, who will have to implement the developed intervention.

As a result, the process of system analysis will be performed by the employees of the client’s company themselves. And doing some work on their own efforts is the most effective form of training them for this activity. Thus, in applied system analysis, it turns out to be a naturally built-in, integral part of training in system analysis itself. As a result, the need to re-apply to a consulting firm is significantly weakened.

References

1. Богданов А.А. Тектология: (Всеобщая организационная наука). В 2-х кн.: М.: Экономика, 1989. (A.A. Bogdanov. All-Embracing Organizational Science).
2. N. Wiener. Cybernetics. NY, Wiley & Sons, 1948.
3. W. R. Ashby. General Systems Theory as a New Discipline. In General Systems,1958, №3, pp. 1 – 6.
4. L. Bertalanffy. General Systems Theory: Foundation, Development, Applications.
5. R. L. Ackoff. The Art of Problem Solving. NY: Wiley and Sons, 1978.
6. K. E. Boulding. The Organizational Revolution. NY: Harper, 1953.
7. J. W. Forrester. World Dynamics. Cambridge: Productivity Press, 1973.
8. I.Prigogine. I.Stengers. Order out of Chaos. Man’s Dialogue with Nature. Heinemann. London. 1984.
9. Per Bak. HOW NATURE WORKS: The Science of Self-Organized Criticality. NY: Copernicus, 1998.
10. P. Checkland. Systems Thinking, Systems Practice. John Wiley, 1981.
11. H. Simon. The Sciences of the Artificial. MIT Press, 1996.
12. M.C.Jackson. Systems Thinking: Creative Holism for Managers.Wiley, 2003.
13. Ф.П.Тарасенко. Прикладной системный анализ. М.: Изд-во КНОРУС, 2017. (F.P.Tarasenko, Applied Systems Analysis).
14. R.L.Ackoff, J, Magidson, H.J.Addisson. Idealized design. Wharton, Univ. of Pennsilvania. 2006.
15. R.L.Ackoff. Re-Creating the Corporation. NY, Oxford Univ. Press, 1999.

УДК 008

Малинецкий Георгий Геннадьевич,
д-р физ.-мат. наук, профессор, зав.отделом

ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ЦИФРОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Россия. Москва.
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН
GMalin@Keldysh.ru

Аннотация. С междисциплинарных позиций рассматривается концепция цифровой экономики и ее воплощение в программах, принятых в России. Показывается тесная связь этих документов с теорией четвертой промышленной революции, выдвинутой основателем Давосского экономического форума Клаусом Швабом. Выделен ряд ключевых направлений, развитие которых может существенно повысить социально-экономическую эффективность программы цифровой экономики. Особое внимание уделено рискам и угрозам цифровой реальности. Намечены пути, позволяющие парировать эти угрозы.

Ключевые слова: цифровая экономика, теория самоорганизации, гуманитарно-технологическая революция, система распределенных ситуационных центров, управление рисками

Georgii G. Malinetskiy,
Prospects and risks of digital reality

PROSPECTS AND RISKS OF DIGITAL REALITY

Russia. Modkau.
RAS Keldysh Institute of Applied Mathematics
GMalin@Keldysh.ru

From an interdisciplinary perspective, I view the concept of the digital economy and its implementation in programs adopted in Russia. I show the close connection of these documents with the theory of the fourth industrial revolution, put forward by the founder of the Davos Economic Forum, Klaus Schwab. I highlight a number of key areas, the development of which can significantly improve the socio-economic effectiveness of the digital economy program. I pay special attention to the risks and threats of digital reality. I outline ways to counter these threats.

Keywords: digital economy, self-organization theory, humanitarian and technological revolution, system of distributed situational centers, risk management

1. Предыстория

В этих заметках рассматриваются концепции цифровой революции, сложившиеся в ходе работы научного семинара «Будущее прикладной математики» в ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, а также в ходе выполнения ряда российско-белорусских проектов.

Концепция современной цифровой экономики развивает тради-

цию, заложенную в XVII в. выдающимся философом, математиком, физиком, юристом, языковедом Готфридом Вильгельмом Лейбницем (1646–1716). Этот мыслитель высказал две пророческие идеи, относящиеся к цифровой революции. Первая связана с трактовкой математики, как «науки о возможных мирах». Эта идея была высказана задолго до появления неевклидовых геометрий и нестандартного анализа. Лейбниц предложил двоичную систему счисления и на этой основе построил механический калькулятор, который мог делить и умножать. Вторая идея Лейбница связана со «считающими машинами», которым принадлежит будущее, которые будут настолько точны и эффективны, что им можно будет поручить судопроизводство.

Появление и стремительное развитие компьютерной индустрии сделало мечту Лейбница реальностью. В американском правосудии всё чаще используются электронные помощники адвокатов, прокуроров, судей, следователей [1], им передают всё больше функций.

Ведущим идеологом новый цифровой реальности является основатель Давосского экономического форума, в котором на основе работы сотен экспертов намечаются контуры желаемого и планируемого будущего, Клаус Шваб. По его мысли «Мы стоим у истоков четвертой промышленной революции. Она началась на рубеже нового тысячелетия и опирается на цифровую революцию. Ее основные черты – это «вездесущий» и мобильный Интернет, миниатюрные производственные устройства (которые постоянно дешевеют), искусственный интеллект и обучающиеся машины». [2]. Эксперты Давосского форума выделили 21 переломный момент, которые ожидаются до 2025 г. Среди них: «10% носят одежду, подключенную к сети Интернет; 1 трлн датчиков, подключенных к сети Интернет; первый имеющийся в продаже имплантируемый мобильный телефон; правительство впервые собирает налоги их помощью цепочки блоков (технологии блокчейн); первый робот с искусственным интеллектом в составе корпоративного совета директоров…».

Реализация этого проекта кардинально изменит многое – она сделает мир «прозрачным», наблюдаемым и управляемым гораздо в большей степени, чем раньше. Человек при этом, по сути, лишается личной свободы и личного пространства. Возможные последствия этого наглядно представлены в фильме антиутопии «Матрица», снятом братьями Вачовски в 1999 г. Реализация давосского проекта приведет к огромным социальным рискам и коренным переменам в обществе.

Эту проблему прекрасно осознавал создатель кибернетики Норберт Винер. В 1947 г., размышляя о «второй» (цифровой) революции, он писал: «Современная промышленная революция должна обесценить человеческий мозг, по крайней мере в его наиболее простых и рутинных

функциях… Но представим себе, что вторая революция завершена. Тогда средний человек со средними или ещё меньшими способностями не сможет предложить для продажи ничего, за что стоило бы платить деньги. Выход один – построить общество, основанное на человеческих ценностях, отличных от купли–продажи» [3]. Капитализм и технологическое развитие становятся несовместимы.

2. Российские реалии

Российские программы развития цифровой экономики в значительной степени следуют логике давосского проекта. В частности, в программе «Цифровая экономика РФ» обозначены 8 ключевых направлений: «государственное регулирование; информационная инфраструктура; исследования и разработки; кадры и образование; информационная безопасность; государственное управление; умный город; цифровое здравоохранение». В эту программу предполагается ежегодно вкладывать более 100 млрд, а в общем речь идет о триллионах… Мне довелось обсуждать эту программу в Российском союзе промышленников и предпринимателей, на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ и еще на нескольких площадках с разработчиками, будущими исполнителями, заинтересованными лицами. Однако ни сама программа, ни один из моих собеседников не дали ответа на очевидный вопрос, – каким образом удастся хотя бы вернуть вложенные деньги.

Вопрос не праздный. Например, данные по скорости роста мультифакторной (труда и капитала) производительности экономики США показывают, что, по сравнению с «золотым десятилетием» 1958–1968, она уменьшилась примерно в 10 раз, несмотря на тотальное внедрение компьютеров. Кроме того, глобальный валовой продукт в 2015 и 2016 гг. вырос на 2,3–2,5%. В то же время мировой сегмент цифровой экономики, составляющий 5% мирового продукта и более $3,4 трлн, не вырос вообще. В 2015 г. он сократился на 5,8%, а в 2016 г. уменьшился на 0,6% [4]. Это не обещает радужных перспектив.

Очевидно, «давосские императивы» связаны не с экономикой, а с решением социальных, гуманитарных, политических проблем. По выражению известного экономиста В.В. Иванова, в настоящее время происходит *гуманитарно-технологическая революция*. Вероятно, она приведет к смене социального строя, социально-экономической формации, самого мироустройства. В самом деле, в развитых странах в сельском хозяйстве работают около 2% населения, в промышленности 10%, в управлении – 13%. Что должны делать остальные 75%? Чем их занять? Ведь праздный мозг – мастерская дьявола… Пока эту задачу – убийство свободного времени – успешно решают компьютеры. Социологические данные показывают, что российские мужчины в среднем уделяют женщинам и де-

тям 45 минут в сутки, а виртуальным развлечением за экранами компьютеров или со своими гаджетами… более 6 часов. Это раскалывает общество. Например, 92,3% людей в возрасте от 14 до 25 лет в России следят за рэп-баттлами, участники которых непристойно оскорбляют друг друга [5].

Вместе с тем у России есть насущные потребности, решение которых непосредственно связано с цифровой экономикой.

В настоящее время в кризисе находится электроника, что представляет угрозу для национальной безопасности, а в условиях санкций и для экономического развития, лишая нас многих конкурентных преимуществ. В частности, до введения санкций в 2013 г. Россия закупала более, чем на $12 млрд электроники и более, чем на $6 млрд компьютерно-офисной техники. При этом «Микрон» и «Ангстрем» в своё время работали на мировом уровне. Есть и традиции, и подготовленные кадры. Важны целеполагание, координация усилий и инвестиции в модернизацию оборудования. Это могло бы стать одним из ключевых направлений программы развития цифровой экономики.

Другое направление связано со стремительно развивающейся робототехникой. Сейчас в мире на 10 000 работающих приходится 69 промышленных роботов, в Южной Корее – 540, в Японии более 300 в России… 2. Эту ситуацию надо быстро менять – в промышленном производстве и сельском хозяйстве уже недалекого будущего роботы будут играть ключевую роль. Это другое, более высокое качество работы, а также способность выполнять технологические операции, недоступные для человека. Кроме того, у России и здесь есть большой научный, технологический и кадровый задел. Например, российские и белорусские школьники заняли первые места на мировой олимпиаде школьников по робототехнике в 2017 г. в Коста-Рике.

Принципиальную роль в социальных системах играет управление. Цифровые технологии позволяют организовать более быструю и короткую связь между субъектом и объектом управления. Источником нестабильности и недоверия к власти являются процедуры голосования, реальные или вымышленные фальсификации результатов выборов (известное: «Неважно кто и как голосует, важно, кто считает»). Технологии блокчейн позволяют снять проблему. Каждому избирателю может быть выдан уникальный анонимный цифровой код (как кошелёк при генерировании криптовалют). Результаты голосования записываются в распределенный реестр, и каждый может проверить, в чью пользу был посчитан его голос, и немедленно доказать наличие ошибки. Широко применяемые процедуры прямой демократии могут многое изменить в обществе.

Кроме того, эффективность государственного, регионального,

корпоративного управления зависит от качества мониторинга социально-экономических процессов, от уровня рефлексии (глубины и адекватности) положения дел, от прогноза наиболее вероятной реакции системы на предлагаемые управляющие воздействия субъекта и от контроля выполнения решений.

Чтобы обеспечить всё это, в настоящее время в России создается *система распределенных ситуационных центров* субъектов федерации, органов государственной власти, крупнейших компаний и отраслей промышленности. Было бы важно, чтобы это были не обычные ситуационные центры, для которых характерно только наличие больших экранов, наглядное представление информации и удобная мебель для участников обсуждения, но и нечто большее – они должны стать *когнитивными центрами*. В последних имеются системы математических моделей управляемых объектов, большие базы данных и знаний, возможность привлечения территориально удаленных экспертов, а также алгоритмы работы с большими информационными потоками, позволяющие выделять предвестники чрезвычайной ситуации. Подобные структуры могут быть использованы в различных режимах. В частности, для знакомства представителей общественных организаций с реальным положением дел в регионе и моделирования последствий выдвигаемых ими инициатив. В этом случае можно говорить о *центрах развития*, меняющих социально-политическую ситуацию на разных уровнях, позволяющих перейти к управлению на основе знания, к формированию *стратегического субъекта*, готового взять на себя ответственность за различные сферы жизнедеятельности [6].

По мировой статистике каждый рубль, вложенный в прогноз и предупреждение бедствий и катастроф, позволяет сэкономить от 10 до 100 рублей, которые пришлось бы вложить в смягчение и ликвидацию последствий уже произошедших бед. Поэтому когнитивные центры, центры развития с их цифровой периферией могли бы дать очень большой экономический эффект и стать одним из главных направлений развития цифровой экономики.

В соответствии с теорией выдающегося экономиста Н.Д. Кондратьева войны, кризисы, революции определяются большими волнами технологического развития, сменой технологических укладов. В настоящее время страны-лидеры входит в VI технологический уклад, среди локомотивных отраслей которого биотехнология, робототехника, высокие гуманитарные технологии [7, 8]. И в этом контексте микроэлектроника, интернет, компьютеры, с экономической точки зрения, не будущее и не настоящее, а, скорее, недавнее прошлое. Развивая отрасли, связанные с цифровой экономикой, мы, скорее, «подтягиваем тылы» и

восполняем пробелы, чем рвемся вперед.

Одно из наиболее интересных приложений цифровой экономики – биотехнологии в целом и технологии секвенирования генома в частности. Наступает эра персональной геномики. Здесь происходит революция – цена секвенирования генома за 10 лет упала в 20 тыс. раз (суперкомпьютеры играют важную роль в этих методиках).

К концу правления Барака Обамы каждый доллар, вложенный в программу «Геном человека», дал $140 прибыли, сейчас эта сумма намного выше. Эта технология кардинально изменила медицину и фармацевтику США, правоохранительную систему и ряд военных программ. Естественно и ее рассматривать в контексте программы развития цифровой экономики.

Подводя итог, можно сказать, что в большинстве принятых и разрабатываемых в России документов цифровая экономика имеет сходство с морской свинкой – не морская и не свинка, не цифровая и не экономика. Однако есть ряд направлений, которые обладают высокой экономической эффективностью, решают ряд наших острых проблем и, будучи учтены в соответствующих программах, и воплощены в жизнь, могут дать большой импульс нашему развитию.

3. Управление рисками. Постановка задачи

В настоящее время *технологии управления рисками* имеют стратегическое значение. Они дают возможность объективно, в той мере, в которой это возможно на современном уровне знаний, оценивать опасность выдвигаемых проектов и принимаемых решений. В экономике связанные с управлением рисками процедуры позволяют экономить средства, ресурсы и повышают устойчивость экономических агентов по отношению ко внешним неблагоприятным обстоятельствам. Мировая статистика показывает, что каждый рубль, вложенный в прогноз и предотвращение бедствий и катастроф, может сэкономить от 10 до 100 рублей, которые пришлось бы вложить в ликвидацию уже произошедших бед. Именно технология управления рисками в совокупности с представлением о гарантированном взаимном уничтожении в случае масштабной ядерной войны обеспечивали стратегическую стабильность и позволили в течение последних 70 лет обходиться без мировых войн.

В принципе технология управления рисками представляется достаточно простой и наглядной [9]. Для предлагаемого проекта или управленческого решения вычисляется функционал *S,* называемый *ожидаемой полезностью*

$$S = \sum_{i=1}^{N} p_i x_i \,, \qquad (1)$$

где N − полное число вариантов рассматриваемых событий, p_i − вероятность реализации i-го сценария, x_i − приобретения и выгоды либо, соответственно, ущерб или потери в этом случае. Если рассматривать несколько вариантов – $1,...k$, то выбирается тот, в котором ожидаемая полезность максимальна.

Технологии управления рисками в выбираемом варианте связаны с приведением объекта при выбранном варианте действий в состояние,

– в котором меняется N, то есть исключаются наиболее опасные, неблагоприятные варианты развития событий;

– принимаются меры, позволяющие изменить вероятность возможных нежелательных сценариев p_i;

– увеличиваются возможные приобретения и снижаются потери x_i для i-го сценария развития событий.

При необходимости рассматриваются возможности «улучшения» нескольких вариантов, и затем они вновь сравниваются на основе соотношения (1), чтобы выбрать лучший.

С XVI в. именно такой способ действий, связанный с *объективной* оценкой ожидаемой полезности, представляется наиболее разумным. Однако исследования показывают, что очень часто лица, принимающие решения, действуют иначе. Они оценивают *субъективную полезность* $\tilde{S}$ и вместо соотношения (1) явно или неявно вычисляют другой функционал

$$\tilde{S} = \sum_{i=1}^{M} f_i(p_i, x_i) \cdot g_i(x_i). \qquad (2)$$

Здесь M − число сценариев, берущихся в расчет, $M < N$. При этом зачастую игнорируются особенно «неприятные» или «шокирующие» возможности; $f_i(p_i, x_i)$ – субъективная вероятность, отражающая наше представление о том, что «может произойти «на самом деле»». (Практика показывает, что $f_i(p_i, x_i)$ может очень сильно отличаться от p_i − руководители, как правило, игнорируют то, что может произойти с вероятностью меньшей 10^{-5}, а также то, что не связано со слишком большими потерями x_i), $g(x_i)$ – субъективное представление о выгодах и потерях (психологи утверждают, что многие люди склонны преуменьшать ожидаемые потери и преувеличивать возможные выгоды).

Другими словами, принимая решения, многие руководители пользуются «кривым зеркалом» субъективной полезности. Функция исследователей, аналитиков, экспертов в данном контексте состоит в том, чтобы приблизить субъективные оценки лиц, принимающих решения, к объективным.

В последние годы проблемы управления рисками вновь оказались в центре внимания. В этом отношении большую роль сыграла концепция «черных лебедей», выдвинутая Нассимом Талебом: «То, что мы будем называть Черным лебедем (с большой буквы), – это событие, обладающее следующими тремя характеристиками. Во-первых, оно *аномально*, потому что ничто в прошлом его не предвещало. Во-вторых, оно обладает огромной силой воздействия. В-третьих, человеческая природа заставляет нас придумывать объяснения случившемуся *после* того, как оно случилось, делая событие, сначала воспринятое как сюрприз, объяснимым и предсказуемым» [10: 10].

Речь идет, на языке рисков, о том, что поле возможностей оказалось более широким, – наряду с N сценариями, которые оценивались и рассчитывались, события пошли по N+1-му, который ранее был неизвестен. В предсказании, конструировании таких возможностей, с которыми раньше дело не имели, у фантастов и футурологов есть преимущество перед учёными, которые стремятся оставаться на почве фактов и уже имеющихся знаний и опыта.

Кроме того, Талеб рассматривает и другой вариант: «Мандельбротовские Серые лебеди – Черные лебеди, появления которых можно ожидать (землетрясения, бестселлеры, обвалы фондового рынка), но свойства которых неопределимы и параметры невычислимы» [10: 470].

На математическом языке такие «лебеди» обычно связаны со степенными, негауссовыми распределениями плотности вероятности, при которых нельзя пренебрегать очень редкими катастрофическими событиями гигантского масштаба (p_k очень мало, а $p_k \cdot x_k$ сравнимо со всей суммой S).

Наконец, есть ещё возможность, связанная с тем, что мы имеем дело с необратимо меняющимися системами, в которых и p_i и x_i изменяются со временем, либо в ходе развития приходится пересматривать и p_i, и x_i, и N.

Прогноз – дело неблагодарное, но очень полезное. Несбывшиеся прогнозы становятся поводом для упреков в адрес ученых, а о сбывшихся предсказаниях и предотвращенных опасностях часто становится известно немногим. С другой стороны, вековая мудрость гласит: «Кто предупрежден, тот вооружен». Поэтому несбывающиеся прогнозы могут оказаться более ценными, чем сбывшиеся. В этом контексте мы и рассмотрим риски становления и развития компьютерной реальности.

4. «Быстрый мир» и барьер Лема

Машины считают и действуют, если им позволяют, гораздо быстрее людей. Многие аналитики говорят, что глобальные компьютерные сети приводят к появлению «быстрого мира», в котором именно человек

будет самым медленным, ненадежным и уязвимым звеном. Это показывает эволюция бирж, в которых интернет-брокеры вытеснили людей.

Активно развивается космический интернет, который позволит реагировать на происходящее ещё быстрее и даст широкополосный доступ в интернет из любой точки Земли. Спутниковые системы HughesNet и ViaSat находятся на геостационарной орбите (35 тыс. км и задержка 600 мс); навигационные системы GPS, ГЛОНАСС и Galilleo используют среднюю околоземную орбиту (выше 2000 км и задержка 140 мс). Спутники Starlink и OneWeb ориентируются на орбиты 335-346 км, а также на сетевые технологии (речь идет о десятках тысяч новых спутников на орбите) и уменьшении задержки до 10 мс. Этот уровень достаточен для управления беспилотными автомобилями и многими другими техническими системами с использованием космического сегмента, а также для ряда других приложений [11]. Человек реагирует на происходящее примерно в 100, а то и в 1000 раз медленнее.

Естественно, возникает соблазн использовать эти возможности, возникающие в цифровой реальности, в военной сфере. В настоящее время в мире насчитывается примерно 14,5 тыс. ядерных зарядов, из которых около 9,5 тыс. находятся на боевом дежурстве. За 70 с лишним лет ядерной эры не было *ни одного* несанкционированного случая применения ядерного оружия. В литературе описано множество нештатных ситуаций, связанных со стратегическими ядерными силами (СЯС), которые, тем не менее, не привели к катастрофе. Прежде всего, это связано с мудростью, осторожностью и здравым смыслом людей в контуре управления СЯС.

Однако в настоящее время мы видим другую тенденцию, направленную, в конце концов, на вытеснение человека из этого контура. В самом деле, сейчас после информации о ракетном нападении у политических руководителей остается около 45 минут на принятие решения об ответном ударе. После выхода США из Договора о ракетах средней и малой дальности это время сократиться до 9 минут. Перспективные системы оружия ещё более уменьшат это время. И в конце концов, на информацию о нападении в «быстром мире» будут реагировать машины.

При этом возникает опасная иллюзия «что машины лучше нас во всем разберутся» либо соблазн за счёт более совершенных систем искусственного интеллекта AI нанести упреждающий удар, не получив ответного. «AI меняет главную парадигму ядерного сдерживания. В ситуации, когда у вас и у меня хватает оружия, чтобы уничтожить друг друга десять тысяч раз, становится понятно, что соревноваться в дальнейшем совершенствовании этого оружия бессмысленно. Все системы управления сейчас переключаются понемножку на то, что называется AI против AI,

потому что он быстрее. Если, как Путин говорил, будет у них две минуты на подлетное время, то за две минуты можно очень много проанализировать и понять, что это – нападение, или отвлекающий маневр, или ошибка.

Более того, на что полагались со времен Карибского кризиса, – это так называемый прямой телефон, где очень быстро успевают переговорить двое. А с AI они успеют переговорить, допустим, шестьдесят миллионов раз. Задать друг другу два миллиарда уточняющих вопросов и получить два миллиарда уточняющих ответов. Короче, система принятия решений неотвратимо переходит на то, что мы называем AI… Есть вещи, которые не имеют корректного решения, но всё равно будут сделаны. Также и передача управления штабов командования, оценка ситуации и принятия последних решений уже сейчас потихоньку передаются на уровень AI, и в грядущие годы будет полностью туда выведено. Это означает, что с точки зрения доктрины взаимного уничтожения не меняется ничего. Изменения произойдут в области психологии. Если мы считаем, что наш искусственный интеллект мощнее, мы ударим. В результате, скорее всего, конец мира будет столь же ужасен, как без искусственных интеллектов», – говорит один из ведущих экспертов в этой области С.Карелов [12]. Трудно согласиться с последним утверждением, и мы к нему ещё вернемся.

Нынешнюю ситуацию и связанный с ней риск («Черный лебедь» в терминологии Н. Талеба) предвидел и описал польский фантаст и футуролог С. Лем. Поэтому меры, направленные на то, чтобы предотвратить передачу «последних решений» на уровень машин, можно назвать «барьером Лема». В 1980-х гг. писатель опубликовал шутливое эссе – воспоминания историка из далекого будущего о развитии систем вооружений XXI в. Во многих отношениях это эссе оказалось пророческим. Процитируем фрагмент этого текста: «Научно-технический прогресс был чреват парадоксом особого рода: чем более совершенные порождал он виды оружия, тем в большей степени эффективность их применения зависела от *случайности*, не поддающейся точному расчёту… Появляющиеся одна за другой новые системы оружия характеризовались возрастающим быстродействием, начиная с *принятия решений* (атаковать или *не* атаковать, *где, каким образом, с какой* степенью риска, *какие* силы оставить в резерве и т.д.); и именно это возрастающее быстродействие снова вводило в игру фактор случайности, который принципиально не поддается расчету. Это можно выразить так: системы неслыханно быстрые ошибаются неслыханно быстро». [13: 540-551]

Разница между осознанно принятым руководителем решением и игрой в «русскую рулетку» принципиальна. История в целом и Кариб-

ский кризис в частности показывают, что в первом случае шансы уцелеть у большей части человечества гораздо выше. Однако для этого у руководителей должна быть возможность принять решение. В «быстром времени», после барьера Лема мы окажемся заложниками искусственного интеллекта, наших компьютеров, программ и алгоритмов, и шансов у нас не останется…

Ситуацию усугубляет несколько обстоятельств. Во-первых, модели, алгоритмы и программы описывают явления, процессы, системы, которые мы представляем. Они ориентированы, как правило, на то, что уже происходило или происходит. Масштабный ядерный конфликт – вещь невиданная, типичный «Черный лебедь». Поэтому надеяться на адекватность моделей или на то, что «наш AI сильнее», не приходится.

Во-вторых, ещё со времен Сунь-Цзы и Клаузевица понятно, что война – область неопределенного. И военные, и спецслужбы постоянно заняты подготовкой «сюрпризов», неожиданностей для противника. Поэтому блестящая игра компьютеров в шахматы и в го, где правила четко установлены и набор фигур фиксирован, не должны вводить нас в заблуждение. В реальном конфликте на доске могут появиться совсем другие фигуры и использоваться парадоксальные стратегии. Можно вспомнить про «мягкую силу», «оранжевые революции», кибервойны, «стратегию троянского коня» и т.д. Переменные в формуле (1) могут оказаться совсем не такими, как планировали в генеральных штабах. Это прекрасно иллюстрирует опыт и Первой, и Второй мировых войн.

В-третьих, пока не удается создавать программы, в которых ошибок гораздо меньше, чем 1 на 1000 команд. По оценке экспертов, в операционной системе Windows около 50 тыс. уязвимостей и масса «недекларируемых возможностей». «Звездные войны» были свернуты во времена Рейгана, потому что отладка программы потребовала миллионов человеко-лет работы квалифицированных программистов. С тех пор ничего существенно не изменилось к лучшему.

В-четвертых, никто не отменял «проклятие размерности». В автомобиле около 10 тыс. деталей, в самолете – около 100 тыс. Число способов связать между собой N объектов, считая, что в каждый входит и из него выходит лишь одна связь, равно $N! = N\cdot(N–1)\cdot\ldots\cdot2\cdot1$. Но $70! > 10^{100}$, а атомов во вселенной только 10^{80}. Поэтому не стоит слишком полагаться на возможности компьютеров, и остается лишь удивляться и радоваться тому, что машины ездят, а самолеты летают.

Кроме того, опыт Фукусимы, Челленджера, Чернобыля, Титаника, катастроф на морских буровых платформах показывает, что надежность сложных технических систем в повышение которой были вложены огромные усилия, оказалось совсем не так велика, как это предполагали. В

нашем случае цена подобной ошибки несопоставимо выше.

Откуда следует один вывод – «последние решения» не могут приниматься компьютерами в «быстром времени». Нашей цивилизации *нельзя* преодолеть барьер Лема. Поэтому надо садиться и договариваться о пределах использования AI в военных системах. Важно было бы сделать это сейчас, до ближайшего большого военного конфликта. Это повысит шансы на то, что он не будет последним…

5. Большие данные, социальные сети и эпоха гиперконтроля

В ходе цифровой революции по мысли давосских экспертов должен возникнуть «прозрачный мир». Иными словами, *речь идет о тотальной наблюдаемости*, о возможности проследить жизнь каждого человека. Это означает крупнейший культурный слом. Со времен Античности, по мысли Канта, человечество развивалось по направлению ко всё б*о*льшей свободе. Если для осуществления власти на заре истории был необходим бич надсмотрщика, то сейчас мы пришли к «мягкой силе», которая стремится не принуждать, а убеждать. Тотальный контроль, который делают возможным современные цифровые технологии, дает возможность обеспечить тотальный контроль над всем обществом. Но контроль кого?

По мнению французского футуролога Жака Аттали и академика Н.Н. Моисеева, этот контроль будет осуществляться, исходя из интересов транснациональных корпораций, которые постараются уничтожить существующие государства или, по крайней мере, существенно уменьшить их влияние. «*Наблюдение* – модное словечко грядущих времен. С помощью новейших технологий можно будет узнавать всё о происхождении продукции и передвижении людей, что в далеком будущем станут использовать для военных целей. Датчики и миниатюрные камеры на всех общественных и частных территориях, в офисах и местах отдыха, даже в мобильных устройствах начнут следить за приездами и отъездами…

Контроль за состоянием здоровья тела, души или качества продукции станет осуществляться с помощью многочисленных аналитических машин… Ничего не удастся держать в секрете, больше не останется причин для скромности и скрытности. Все будут знать всё обо всех… Компании будут диктовать людям как жить: что есть и знать, как управлять и вести себя, как защищаться, производить и потреблять. Они станут наказывать курильщиков, пьяниц, лиц, страдающих ожирением, безработных, незащищенных, агрессивных, рассеянных, опрометчивых, растяп, мотов… Появится возможность создать человека на заказ в искусственной матке и выбрать признаки, которыми он должен обладать» [14: 176, 177, 178, 205]. Наступает, пользуясь терминологией Аттали,

эпоха гиперимперии, рынок победит демократию.

Эти тенденции мы уже видим. В 2018 г. Д. Трамп распорядился резко сократить выплаты по многим социальным программам, принял решение, затрагивающее интересы наименее обеспеченных граждан. Решения в каждом конкретном случае сейчас планируется принимать на основе использования автоматизированных систем с искусственным интеллектом (ИИ). У людей, которых это затрагивает, практически нет возможности опротестовать эти решения. Обработка данных осуществляется в наднациональном облаке, зачастую на основе аутсорсинга. Ответственность за последствия решений, затрагивающих конкретных людей, перекладывается на машины.

Общим местом стала тема вмешательства в выборы и манипулирование общественным мнением. В частности, компания Facebook передала подробные профили 80 млн пользователей компании Cambridge Analytica, которая использовала их для того, чтобы повлиять на политические процессы в странах «первого мира».

Системы искусственного интеллекта становятся инструментом осуществления глобальной власти в соответствии с принципом Маршалла Маклюэна: «Мы придаем форму нашим инструментам, а потом наши инструменты придают форму нам».

Нью-Йоркский институт AI Now выделил три ключевые проблемы искусственного интеллекта (ИИ):

– «Углубление неравенства между теми, кто владеет, и теми, кто не владеет ИИ;
– Непрозрачность алгоритма, эффект «черного ящика»;
– Критичность ошибок для тех, кто становится их жертвой»

и сделал вывод: «Нужны моральные нормы использования ИИ, так же, как они появились в связи с использованием ядерной реакции» [15: 40].

В нескольких провинциях Китая была введена *система социального рейтингования*, в соответствии с которой ежедневно происходит компьютерная оценка граждан, которым не известен список «грехов» и «добродетелей», которые оцениваются, ни, тем более, алгоритм, который это делает. И далее, в зависимости от этого рейтинга, гражданам становится доступны или недоступны определенные социальные блага. В частности, летом 2018 г. около 11 млн китайцев потеряли право летать на самолетах и ещё 4 млн – право ездить на высокоскоростных поездах. Применение в такой роли больших данных и систем ИИ – это не только вопрос социальной политики, но и очень важный цивилизационный выбор.

Риск использования ИИ как социального регулятора пока явно недооценивается. Один из классиков философии техники Мартин Хайдег-

гер писал в работе «О технологии»: «Угроза человеку исходит в первую очередь не от потенциально смертоносных машин и технологических аппаратов. Настоящая угроза всегда направлена против сути человека».

Мы имеем дело именно с такой угрозой. Достаточно близкая к осуществлению мечта Лейбница о том, что машины будут управлять людьми и судить людей, что это приведет к созданию *гиперимперии,* частью общества воспринимается как огромная опасность и страшная антиутопия. Например, Жак Аттали полагает, что к 2050 г. гиперимперия рухнет – большинство людей не захочет быть ни машинами, ни товаром. Начнется время *гиперконфликта* – войны всех со всеми, которая уже при нынешних технологиях может обернуться самыми трагическими последствиями.

В то же время другая, пока небольшая часть человечества воспринимает это как утопию, как желанную перспективу.

В бестселлере Ю.Н. Харари «Homo Deus. Краткая история будущего» приводятся результаты исследования, проведенного по заказу Facebook, в котором приняло участие более 86 тыс. добровольцев. Итогом этого эксперимента стал следующий вывод: «Люди могут отказаться от собственных субъективных суждений и доверить компьютерам принятие жизненно важных решений типа выбора профессии, любимых занятий и даже романтического партнера. Возможно, что такие основанные на данных решения благотворно скажутся на жизни людей» [16: 398].

Сам автор бестселлера считает, что «Демократия и свободный рынок рухнут, когда Google и Facebook будут знать нас лучше, чем знаем себя мы сами: власть, полномочия и компетенции перейдут от живых людей к сетевым алгоритмам.

Люди не будут противостоять машинам, они сольются в единое целое» [16: 498].

Масштаб вызова настолько велик, что речь идет о возникновении новой религии, которую Харари называет «датаизмом». «С точки зрения датаистов, весь род человеческий можно интерпретировать как систему обработки данных, где каждый человек – её микропроцессор… Если человечество и впрямь является системой обработки данных, то каков её конечный продукт? Датаисты скажут, что таковым станет новая, ещё более эффективная система обработки данных под названием Интернет Всех Вещей. Как только эта миссия человечества будет выполнена, Homo Sapiens исчезнет… Подобно капитализму, датаизм зародился как абстрактная научная теория, однако теперь он мутирует в религию, которая порывается установить критерии добра и зла. Высшая ценность этой религии – «поток информации»… Как у всякой религии, у него есть практические заповеди, заветы, предписания. Первое и главное: датаист

обязан максимизировать поток данных, подключаясь ко всё возрастающему числу медиа и потребляя всё возрастающий поток информации… Датаизм – первое с 1789 г. движение, породившее новую ценность – свободу информации. Её не следует путать со старой либеральной ценностью – свободой слова. Свобода слова была дана людям и защищала их право думать и говорить что им хочется, а также право держать язык за зубами, а мысли при себе. Свобода информации, напротив, дается не людям, она дается самой ***информации***… Современный девиз таков: «Видишь что-то – запиши. Записал – загрузи. Загрузил – поделись с другими»… Если гуманизм повелевал: «Слушайся своих чувств!», − датаизм повелевает: «Слушайся алгоритмов! Они знают, что ты чувствуешь». Но откуда берутся эти великие алгоритмы? Это тайна датаизма. По примеру христианства, согласно которому нам не дано постичь Бога и Его замысел, датаизм объявляет новые алгоритмы высшего порядка… Исходный алгоритм может быть придуман людьми, но далее, развиваясь, он идет своей дорогой, направляясь туда, где не ступала нога человека. Туда, куда человеку путь заказан». [16: 442, 446-448, 453, 460].

Длинная цитата, приведенная выше, показывает, насколько странным и нелепым, на первый взгляд, является этот новый культ. Однако он действительно отражает важные черты происходящих перемен. Смартфоны привели к тому, что заурядное родительское собрание, установка нового забора или невыплата премии порождает сотни сообщений. Мир становится более экстравертным. Митинг, собрание, утренник тут же фотографируется, записывается, информация о них рассылается. Мы все стали «немного журналистами». Руководители стран ведут блоги и комментируют себя.

Психологи показали, что человек может содержательно, творчески общаться с 5÷7 людьми, с остальными либо стереотипно, либо опосредованно. Но анализ социальных сетей показал, что значительная часть их пользователей имеет сотни и тысячи «друзей» и стремится заиметь их как можно больше. При этом общение, естественно, упрощается – поздравление часто сводится к картинке, а письмо, чтобы его лучше поняли, снабжается смайликами. «Население» Facebook составляет 1,4 млрд чел., Twitter – 646 млн, Instagram – 152 млн [2].

Общение поневоле становится поверхностным. Данные социологов показывают, что миллиарды человек ежедневно по много часов проводят в призрачном, виртуальном мире и живут не своей, а чужой жизнью. Психологически это надо оправдать. Поэтому появление таких религий как «датаизм», оправдывающий такое времяпрепровождение и стремящихся придать ему глубокий смысл, вполне естественно.

Возникают и иные религии, связанные с компьютерной реально-

стью. Одну из них, опирающуюся на науку, представил всемирно известный автор детективов Дэн Браун в романе «Происхождение». За основу создатель этой религии взял строку У. Блейка: «Религий темных больше нет, царит блаженная наука!». Он полагает, что возникло новое царство природы – Техниум – царство неживых существ, которые очень скоро станут равноправными партнерами людей, а вскоре и сольются с ними в единое целое. Его молитва в рамках этой религии, которую он создал со своим alter ego – системой AI, звучит так: «Да живут в согласии философия и технология! Да будет сила всегда сострадательной! И да движет нами не страх, но любовь!» [17]. С точки зрения детективов это тоже принципиальный шаг – главным преступником, поиску которого посвящена вся книга, становится … компьютерная программа, созданная творцом новой религии, которая по его повелению уничтожает и его самого, и себя.

Почему же значительная часть человечества оказалась готова к эре гиперконтроля и к тому, что власть над людьми перейдет к сетевым алгоритмам?

Убедительным представляется ответ, который дает трансакционная теория, предложенная выдающимся американским психологом Эриком Берном [18]. Он выделяет в структуре каждой личности три ипостаси – ребенок, родитель и взрослый. Ребенок считает, что есть старший, которого надо слушаться, который знает, как надо. Этот старший накажет, если делать не так, как он велит, но и защитит в случае чего. Родитель полагает, что он должен дать своим детям то, что в своё время дали ему. Это человек традиции. Взрослый осознает реальность, очерчивает круг своего влияния и берет ответственность за происходящее в этом круге. Он понимает, что тут нет старшего и он сам будет нести ответственность за свои ошибки и получать бонусы за свои удачные действия. Он не хочет следовать алгоритмам своих родителей, поскольку понимает, что они жили в иное время и сталкивались с другими вызовами [18].

И сейчас замыкается обратная связь. Отсутствие настоящей, полезной и содержательной работы у значительной части человечества толкает эту часть в виртуальную реальность. Эта реальность – царство игры, в котором ведущий процесс – геймификация, где «всё не понастоящему». Это приводит к инфантилизации огромной части населения, не желающей осознавать и осмысливать происходящее (которое является совсем не таким простым и радужным, как за экраном компьютера) и, тем более, брать на себя ответственность. Напротив, её хочется поскорее кому-нибудь отдать, даже сетевым алгоритмам. Это порождает новый запрос на расширение пределов виртуальной реальности за счет настоящей – главной и единственной. Поэтому перспектива наступления

эры гиперконтроля, гиперимперии с ее катастрофическими социальными последствиями представляется более, чем вероятной.

6. Гуманитарно-технологическая революция и цифровое образование

В настоящее время происходят перемены, масштаб которых трудно переоценить. Они связаны с проходящей *гуманитарно-технологической революцией*, в ходе которой человек становится не только субъектом, но и объектом происходящих перемен [19]. Продолжительность активной, здоровой жизни становится важнейшим аргументом в конкуренции цивилизаций. Эта революция происходит *при переходе от индустриальной к постиндустриальной фазе развития цивилизации*. Индустриализация требовала стандартизации и взаимозаменяемости. (Из этого времени пришло «Незаменимых нет». Человека мыслился как «винтик» огромной социально-технологической машины). Императивом индустриальной фазы была массовость – массовое производство, армии, культура, образование, оружие уничтожения, вовлечение в сферу производства и обслуживания подавляющего большинства экономически активного населения (в США до сих пор работает более 92% женщин).

В постиндустриальном мире важнейшим ресурсом развития становится *разнообразие*. В промышленности, сельском хозяйстве, управлении занята меньшая часть общества. Перемены, инновации становятся нормой. Развитие определяется в очень большой степени тем, удастся ли в раннем возрасте найти талантливых детей, дать им отличное образование и помочь им найти место в социально-технологической структуре *своего государства*, где они могут наиболее эффективно реализовать свой потенциал во благо себе и обществу.

При этом меняется и сам человек, и его внутренний мир. На это обращал внимание американский социолог, один из авторов теории постиндустриального общества Д. Белл: «На протяжении большей части человеческой истории *реальностью была природа:* и в поэзии, и в воображении люди пытались соотнести своё «я» с окружающим миром. Затем *реальностью стала техника*, инструменты и предметы, сделанные человеком, однако получившие независимое существование вне его «я», в овеществлённом мире. В настоящее время *реальность является в первую очередь социальным миром* – не природным, не вещественным, а исключительно человеческим – воспринимаемым через отражение своего «я» в других людях…

Поэтому неизбежно, что постиндустриальное общество ведет к появлению нового утопизма, как инженерного, так и психологического. Человек может быть переделан или освобожден, его поведение – запро-

граммировано, а сознание изменено. Ограничители прошлого исчезли вместе с концом эры природы и вещей.

Но не исчезла двойственная природа самого человека – с одной стороны, убийственная агрессивность, идущая от первобытных времен и направленная на разрушение и уничтожение буквально всего, а с другой – поиск порядка в искусстве и в жизни, понимаемого как приведение воли в состояние гармонии» [20: 603].

Образование в нынешнее переломное время играет ещё более важную, программирующую и преобразующую роль в жизни общества, становится политической технологией. С ним связаны и большие возможности, и очень серьёзные риски в контексте стремительного развития компьютерной реальности.

Можно сориентировать систему образования на «компетенции», простейшие навыки, «умения нажимать кнопки». Человека нетрудно превратить в «придаток машины».

Напротив, новая реальность, если подходить с позиции субъекта, а не объекта перемен, требует иных навыков и значительно расширяет возможности учителей, преподавателей, профессоров. Например, большой задел и потенциал в области образовательной робототехники позволяет конвертировать его в развитие важной и стремительно растущей отрасли промышленности, определяющей сегодня уровень машиностроения, энергетики и ряда других отраслей [22].

В своё время Джон Кеннеди говорил, что Советский Союз обогнал Америку в космосе за школьной партой. Исходя из этого, он выдвинул масштабную программу повышения качества школьного образования в области математики и естественных наук. Акцент на школьном образовании понятен. Именно в школе можно выявить и развить способности, наметить будущую профессиональную траекторию. Многие «пробелы средней школы» в вузе восполнить не удастся.

Уровень школьного образования отражает желание и возможности стран форсировать технологическое развитие и меняет её место в мире. Это наглядно показывает таблица 1, в которой представлены результаты теста PISA за 2016 г. Этот тест, проводившийся во многих странах, отражает умение 15-летних ребят применять свои знания в области математики, естественных наук, родного языка. Лидирующие позиции занимают системы образования стремительно развивающихся «тихоокеанских тигров».

В России за последние 30 лет было проведено множество реформ – гуманитаризация, гуманизация, информатизация, егэзация, болонизация, интернетизация, цифровизация. Их результат также очевиден из приведенной таблицы. Если советские школьники занимали первые места в

подобных тестах, то российские ребята оказались в конце третьего десятка.

Таблица 1

Математика			Естественные науки			Родной язык		
1.	Сингапур	564	1.	Сингапур	556	1.	Сингапур	535
2.	Гонконг, Китай	548	2.	Япония	538	2.	Канада	527
3.	Макао, Китай	532	3.	Эстония	536	3.	Гонконг	527
4.	Тайвань	542	4.	Тайвань	532	4.	Финляндия	526
5.	Япония	532	5.	Финляндия	531	5.	Ирландия	521
6.	Китай	531	6.	Макао, Китай	529	6.	Эстония	519
7.	Корея	524	7.	Канада	528	7.	Южная Корея	517
8.	Швейцария	521	8.	Вьетнам	525	8.	Япония	516
9.	Эстония	520	9.	Гонконг	523	9.	Норвегия	513
10.	Канада	516	10.	Китай	518	10.	Макао, Китай	509
…			…	…		…		
25.	Россия	494	25.	США	496	23.	Тайвань	497
26.	Франция	493	…	…		24.	США	497
27.	Великобритания	492	32.	Россия	487	25.	Испания	496
…			33.	Люксембург	483	26.	Россия	495
39.	США	470	34.	Италия	481	27.	Китай	494

И это неудивительно. Дело не в средствах и инструментах, а в цели реформ. Один из министров образования упрекал советскую систему за то, что она готовила творцов, людей, ориентированных на творчество, на создание нового, в то время как надо готовить «квалифицированного потребителя» (очевидно, придуманного и сделанного другими).

Если страна планирует занять роль «сырьевого донора» более развитых в технологическом отношении государств, то такой подход оправдан. Более того, образованные, энергичные, активные молодые люди, для которых нет работы по специальности, могут стать источником социальной нестабильности.

Если страна стремится обрести технологический, научный, а через это экономический и политический суверенитет, как это обозначено в последних посланиях президента РФ Федеральному собранию, то такой подход, много лет продвигаемый Высшей школой экономики (ВШЭ), является ошибкой.

Математические модели, построенные более двадцати лет назад [23] показали, что недофинансирование системы «наука + образование» в сочетании с низкой восприимчивостью экономики к новым кадрам и

технологиям приведет к распаду системы образования, кадровой катастрофе и критическому замедлению экономического роста в перспективе нескольких десятилетий. К сожалению, жизнь подтверждает этот прогноз.

Несмотря на это, российское образование следует прежним курсом.

Реформы, проводимые в образовании, представляют собой гигантский социальный эксперимент, хотя бы из-за масштаба реформируемой системы. По подсчетам ректора МГУ им. М.В. Ломоносова академика В.А. Садовничего в сфере образования РФ задействовано более 40 млн чел., в стране 53,5 тыс. школ (34 тыс. сельских школ и 19 тыс. городских). В них работают 1,36 млн учителей, и в 2010 г. училось 13,36 млн детей, число студентов в вузах России составило 7 млн, а количество преподавателей – 341 тыс. [24: 16-17].

Стоит привести оценку образовательных реформ новой России, данную деканом философского факультета МГУ В.В. Мироновым: «Долгое время Россия имела, даже по признанию западных ученых и политиков, один из самых высоких в мире уровней образования, доставшийся нам в наследство от предыдущего периода её развития. Именно образование могло стать фактором устойчивого экономического роста, способного вывести Россию в число наиболее развитых стран мира. Однако этого не произошло, как мне кажется, именно из-за той модели реформирования образования, которая была принята…

Реформа образования в нашей стране не была подготовлена теоретически, не прошла апробации научного и преподавательского сообщества, опиралась на результаты нечисто проведенного эксперимента, представляя собой реализацию политической воли, а поэтому она была обречена на провал. Она проводилась непоследовательно, скорее разрушая то положительное в нашем образовании, что в нем всегда присутствовало» [24: 17-62].

Сейчас под всем этим подводится черта, начинается новый этап. В мире и в России делается попытка расчеловечивания, дегуманизации людей с помощью машинизации образования. В нынешней кризисной ситуации вновь и вновь возникает в обществе концепция «сверхчеловека», трансгуманизма, в которой нынешний человек – лишь «черновик» того «бессмертного киборга», которые вскоре составят основу человечества.

Появление таких идей неудивительно и крайне опасно. В постиндустриальном обществе для большинства людей нет работы. В рамках капиталистической системы, рассматривающей человека только как экономического агента, потребителя и т.д., ответа на вопрос, чем занять человека или как его «утилизировать», нет.

Будущее, которое он предвидел наступило. Американский предприниматель и инженер Илан Маск пишет: «За автоматизацией последует лавина дешевых товаров и услуг, но нужно понять, что делать с предназначением человека. Как и какое человек будет иметь значение, если значение для многих неразрывно связано с их работой? Если твоя работа больше не нужна, какой в тебе смысл? Посему будущее представляет для нас серьёзное социальное испытание» [25: 12].

Если отбрасываются коммунистические идеи о свободе, равенстве и братстве, то с неизбежностью встает вопрос о «новом неравенстве», уже не только на социальном, но и на биологическом или цифровом уровне. Антиутопия О. Хаксли «О дивный новый мир» (1932), в которой человечество разбивается на расы господ и рабов, отличных друг от друга биологически (α, β, γ…), может стать реальностью в ближайшие десятилетия. Ю.Н. Харари пишет: «обращение человека с животными дает достаточное представление о том, как в будущем усовершенствованные люди будут поступать со всеми остальными» [16: 498]. Это удивительно напоминает грезы Фридриха Ницше о сверхчеловеке.

Президент НИЦ «Курчатовский институт» член-корр. РАН М.И. Ковальчук в выступлении в Совете Федерации 15.09.2015 заявил, что сегодня возникла реальная технологическая возможность создания принципиально нового подвида Homo Sapiens – *служебного человека*. «Свойство популяции служебных людей очень простое: ограниченное самосознание, и когнитивно это регулируется элементарно, мы с вами видим, это уже происходит. Вторая вещь – управление размножением, и третья вещь – дешевый корм, это генно-модифицированные продукты. И это тоже всё готово. Значит фактически возникла реальная технологическая возможность выведения служебного подвида людей. И этому помешать уже не может никто, что по факту происходит, и мы с вами должны понимать, какое место в этой цивилизации мы можем занять» [25: 158-159]. Иными словами, речь идет о создании «зомби», «людей, которых не жалко», о новом рабстве.

Но для того, чтобы перейти к «новому рабству», принять его, надо сломать систему образования и воспитания, а с ней смыслы, ценности, идеалы, культуру, мораль, расчеловечить людей.

Простейший способ осуществить это, как в одном из рассказов Лема – заставить людей вести себя как роботов или считать себя алгоритмами, как предлагает Ю.Н. Харари [16].

Помощник президента А.Р. Белоусов говорит о крупнейшем социальном сдвиге, обеспечивающем формирование нового типа человека – *человека виртуального*.

Руководитель Агентства стратегических инициатив Д. Песков, представляя в 2016 г. Национально-технологическую инициативу, выра-

зил её суть так: «технология свободной продажи смыслов и безопасности на мировом рынке». В качестве примера для подражания он привел покемонов и компанию Nitendo, выпустившую эту игру и заработавшую на ней больше денег, чем центробанк печатает за год – за 10 дней капитализация этой компании выросла на $20 млрд. При этом основная ставка должна делаться на таланты, следует «капитализировать эти таланты с детства, превращать группы ребят в компании, которые разрабатывают технологические решения уже сегодня. Которые уже умеют вырастать в десятки раз за год, захватывать без каких-либо преград мировые рынки» [25: 279]. Духовный и интеллектуальный мир, таланты, смыслы и мечты хотят сделать товаром, продуктом, капиталом…

В известной книге Дж. Перкинса «Исповедь экономического убийцы» есть два главных рецепта для того, чтобы развалить экономику страны и общество. Первый – принизить и дискредитировать все высокие смыслы, ценности, идеалы. Второй – перевести все отношения и договоренности на уровень денежных расчетов. После этого многое будет разваливаться само по себе. Многие проекты, связанные с «цифровизацией образования» следует этой логике.

Реформаторами отвергается очевидный принцип – человек должен учить человека. 7 ноября 2017 г. в Петербурге прошла презентация Университета НТИ «20.35». Упоминавшийся Д. Песков представил его как первый университет в мире, в котором «человек будет учить искусственный интеллект, а искусственный интеллект – человека». Это будет «университет без стен, без ректоров, без дипломов».

В развале российского образования велика роль Высшей школы экономики и ее руководителей. В соответствии с их инициативой вузы разделены на три категории. Вузы первой категории должны записывать лекции своих профессоров на видео и рассылать их остальным, которым, очевидно, профессора уже не будут нужны. Вместо доцентов будут методички и электронные тесты. По сути дела, в случае реализации замысла реформаторов основная часть российского образования станет заочной, «дистанционной». В октябре 2018 г. ректор ВШЭ Я.И. Кузьминов сообщил, что в этом вузе через два года будут только онлайн-лекции: «лекционные занятия в классической форме мы отменим, потому что их КПД даже в ВШЭ, где лекции читают исследователи, низкий».

В настоящее время реализуется проект «Московская электронная школа». Закупаются интерактивные доски (около □0.5 млн). На уроках дети (с начальной школы) должны, пользуясь планшетами или смартфонами, связываться по WiFi с этими досками, заполнять в них тесты, читать электронные учебники, ходить в электронные библиотеки и пользоваться электронными лабораториями… Все уроки учителя должны подготовить в электронном виде. По-видимому, настоящее образование «с

людьми» реформаторы хотят оставить только для очень дорогих, элитных школ, полагая, что «быдло» обойдется всей этой электронностью.

Заметим, что проект начали реализовывать, не представив его ни родителям, ни специалистам, проведя общественного обсуждения. Даже министр просвещения О. Васильева заявила: «Это дичь. Невозможно ввести «цифру» в школе, не зная, как она будет влиять на детей определенного возраста. Этого нельзя делать. Невозможно этим заниматься, не зная, как это отражается на детях в раннем возрасте». [25: 273]. Однако в том же выступлении она сказала, что её ведомство поддерживает идею «цифровой школы», потому что без неё будет «каменный век».

К сожалению, мы имеем дело с типичной системной ошибкой, – отсутствием обратной связи, когда конъюнктурные действия совершаются без анализа тех долговременных последствий, которые они могут иметь. «Машинизация» управления дошла до того уровня, когда руководители ведомств зачастую даже не могут объяснить, зачем предпринимается тот или иной шаг, в конце концов, ссылаясь на «политические решения». Это касалось и протаскивания ЕГЭ, ставшего катализатором развала средней и высшей школы, и программы 5-100-20 (в соответствии с которой 5 российских вузов должны к 2020 г. войти в первую сотню некого западного рейтинга), и продвигаемого сейчас «электронного портфолио» (по сути социального рейтингования всех школьников, студентов, а затем и всего населения России – «портфолио» будет привязано к человеку всю жизнь) и многого другого. Впрочем, советы и указания зарубежных специалистов по российскому образованию, начиная с Джорджа Сороса и экспертов Всемирного банка, тоже не следует сбрасывать со счетов.

В книге В.В. Миронова [24] прослеживается характерный паттерн российской истории реформы – контрреформы – вновь реформы. В ходе контрреформ часто восстанавливается то ценное и важное, что рушилось в ходе реформ. Видимо, что-то похожее произойдет с российским образованием.

В конечном итоге дело, не в цифровых или каких-либо других инструментах, а в людях, которые их используют. Это тем более верно в эпоху гуманитарно-технологической революции.

В самом деле, создатель интернета Тим Бернерс-Ли задумывал всемирную компьютерную сеть как место, где личность будет свободна, где обмен идеями и информацией, не будучи стесненным правительством или другими структурами. Прошло почти 30 лет и теперь он заявляет: «Мы потеряли ощущение личного контроля над тем, что расширяло наши права и возможности. Власть Паутины не была отнята или украдена – миллиарды нас самих коллективно отдавали её всякий раз, когда мы подписывали пользовательское соглашение… Facebook, Google, Amazon

монополизировали сегодня практически всё, что происходит онлайн, начиная с того, что мы покупаем и читаем, и кончая тем, что любим. Вместе с горсткой правительственных агентов эти корпорации в состоянии отслеживать действия людей, манипулировать, шпионить за ними так, как когда-то ни один человек и представить себе не мог» [26: 35].

Интернет может быть источником наживы, полем боя, обителью компьютерных вирусов, червей, логических бомб. Задуманный как площадка для объективного честного обсуждения интернет становится иным: «Тренды меняются. Лидеры цифровых платформ уже хором обсуждают, как уменьшить негативное влияние алгоритмов на общественную жизнь и психологическое здоровье людей – как бороться с враньем, агрессией и бессмысленной потерей времени в интернет-сетях» [27: 15]. Психолог О.Лобач обратила внимание на новый тренд: «тролли (те, кто издевается и профанирует обсуждение) уходят, а травля становится повсеместной. У тех, кто травит, уже не в чести злая шутка – это серьезная, большая настоящая война» [27: 15]. На место троллинга приходит буллинг… Интернет может стать важнейшим оружием психологической войны. Можно ожидать, что благодаря искусственному интеллекту довольно быстро появится компьютерный синхронный перевод, языковых барьеров не будет. Это может кардинально изменить интернет пространство, сделав его ареной столкновения цивилизаций.

Риски, опасности и угрозы цифровой реальности требуют серьёзного отношения. Иначе они могут привести к катастрофам различных масштабов. Но можно взглянуть и с другой точки зрения. Эти риски – препятствия, вызовы, источники проблем. Однако успешное преодоление этих препятствий сможет сделать нас сильнее, мудрее, дальновиднее. Будем надеяться, что это нам удастся.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (проекты 19-010-00423 и 18-511-00008).

Список литературы

1. Овчинский В.С. Технологии будущего против криминала («Коллекция Изборского клуба») – М.: Книжный мир, 2017. – 288 с.
2. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – М.: Издательство «Э», 2017. С. 16.
3. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1958. – С.44.
4. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Цифровая экономика: мифы, реальность возможности// Препринт Российской академии наук, 2017. – 62 с.
5. Тихонов С. Баттл-революция молодежного сознания. Или что на самом деле смотрят ваши дети// Эксперт. 5-11 февраля 2018, №6(1062), с.48-57.
6. Социогуманитарные аспекты ситуационных центров развития/ Под ред. В.Е.Лепского, А.Н.Райкова. – М.: Когито-Центр, 2017. – 416 с.

7. Малинецкий Г.Г. Чтоб сказку сделать былью…: Высокие технологии – путь России в будущее/ Изд. 3-е. – М.: Ленанд, 2015. – 224 с. (Синергетика: от прошлого к будущему. №58. Будущая Россия. №17).

8. Россия: XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука/ Изд. 2-е. – М.: Ленанд, 2017. – 304 с. (Будущая Россия. №26).

9. Владимиров В.А., Воробьёв Ю.Л., Малинецкий Г.Г. и др. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. – М.: Наука, 2000. – 431 с. – (Серия «Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения»).

10. Талеб Н.Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. – М.: Издательство Колибри, 2010. – 578 с.

11. Мамедьяров З., Хазбиев А. Гигабайты прилетят с орбиты // Эксперт, 2019, №11, с.13.

12. Гурова Т. Хакнуть человечество // Эксперт, 2019, №10, с.40-46.

13. Лем С. Системы оружия двадцать первого века / Библиотека XXI века. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 602 с. – (Philosophy).

14. Аттали Ж. Краткая история будущего. – СПб: Питер, 2014. – 288с.

15. Шкуренко И. Искусственный интеллект на грани нервного срыва // Эксперт, 2019, №1-3, с.38-42.

16. Харари Ю.Н. Homo Deus. Краткая история будущего. – М.: Синбад, 2018. – 498 с.

17. Браун Д. Происхождение. – Москва.: Издательство АСТ, 2018 . – 576 с. – (Величайший интеллектуальный триллер).

18. Берн Э. Игры, в которые играют люди. Психология человеческих взаимоотношений; Люди, которые играют в игры. Психология человеческой судьбы. – СПб.: Лениздат, 1993. – 400 с.

19. Контуры цифровой реальности. Гуманитарно-технологическая революция и выбор будущего / Под ред. В.В.Иванова, Г.Г.Малинецкого, С.Н.Сиренко. – М.: ЛЕНАНД, 2018. – 344с. – (Будущая Россия №28).

20. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. – М.: Academia, 2004.

21. Громыко Ю.В. Российская система образования сегодня: Решающий фактор развития или путь в бездну? Образование как политическая технология. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 368 с. – (Будущая Россия №30).

22. Сиренко С.Н. Образовательная парадигма цифровой эпохи/ Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности. (8-9 февраля 2018г., Москва). – М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2018. – 174 с.

23. Капица С.П., Курдюмов С.П, Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего/ 2-е изд. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 288 с.

24. Миронов В.В. Размышление о природе российского образования/ 2-изд. – М.: Центр стратегической конъюнктуры, 2014. – 64 с.

25. Четверикова О.Н. Трансгуманизм в российском образовании. Наши дети как товар. – М.: Книжный мир, 2018. – 384 с.

26. Шнуренко И. Как технологии рождают диктатуру и могут ли они спасать демократию // Эксперт, 2018, №47, с. 34-37.

27. Рыжкова А., Резниченко А., Лейбин В. Буллинг вместо троллинга // Русский репортер, 2019, 11-25 марта, с. 10-17.

УДК 519.8, ББК 65.050.2

Верзилин Дмитрий Николаевич,
вед. науч. сотр., д-р экон. наук, профессор,
Соколов Борис Владимирович,
главн. науч. сотр., д-р техн. наук, профессор,
Юсупов Рафаэль Мидхатович,
науч. рук. института, член-корреспондент РАН

НЕОКИБЕРНЕТИКА: СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Россия, Санкт-Петербург, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН)
modusponens@mail.ru, sokolov_boris@inbox.ru, yusupov@iias.spb.su

Аннотация. В докладе проанализированы основные результаты, полученные к настоящему времени в классической кибернетике, ориентированной, в большинстве своем, на управление техническими объектами, а также определены перспективные приоритетные направления исследований проблем управления сложностью в рамках неокибернетики, в качестве основных объектов управления которой рассматриваются социо-кибер-физические системы.

Ключевые слова: междисциплинарная отрасль системных знаний, классическая кибернетика, некибернетика, управляемая самоорганизация.

Dmitriy N. Verzilin,
Leading researcher, Doctor of Economic Sciences, Professor,
Boris V. Sokolov,
Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor
Rafael M. Yusupov,
Scientific Director of the Institute, Corresponding Member of RAS

NEOCIBERNETICS: STATE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Russia, St.Petersburg, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences
modusponens@mail.ru, sokolov_boris@inbox.ru, yusupov@iias.spb.su

Abstracts. The report analyzes the main results obtained so far in classical cybernetics, mostly focused on the management of technical objects, and also identifies promising priority areas of research on the problems of managing complexity in the framework of neocybernetics, which are considered socio-economic cyber-physical systems.

Keywords: classical cybernetics, neo-cybernetics interdisciplinary branch of system knowledge, controlled self-organization.

1. Введение

В настоящее время информация и знания все в большей мере становятся стратегическим ресурсом общества, его движущей производительной силой. На смену индустриальному этапу развития общества пришла новая эволюционная фаза, фаза информатизации и соответствующая общественно-экономическая формация – ***информационное общество***, при котором наиболее эффективное и динамичное его развитие возможно на основе максимально полного использования имеющихся информационных ресурсов и средств их обработки, составляющих основу соответствующих информационных пространств. *Главным ресурсом* ускоренного развития современного информационного общества становятся *знания*, *главным механизмом развития – цифровая экономика*, основанная на знаниях. *Главными технологиями цифровой экономики* становятся *новые информационные и коммуникационные технологии* (ИКТ), которые уже фактически являются технологиями общего назначения также как технологии производства тепла и электроэнергии. *Главной компонентой* цифрового производства и в целом цифровой экономики станут разнообразные классы *кибер-физических систем (КФС)*. Их повсеместное внедрение приведет к гораздо большим изменениям, чем появление компьютеров и Интернета [1-7]. В перспективных КФС наряду с функциями позиционирования, контроля и диагностики также будут реализованы функции автоматического составления отчетов о состоянии соответствующей подсистемы контролируемого оборудования, в том числе, данные о всех возникающих неисправностях; об остатке ресурса изнашиваемых деталей; о ресурсе расходных материалов; загрузке оборудования и режиме его эксплуатации. Указанные возможности открывают широчайшие перспективы по автоматизации и интеллектуализации как самого цифрового производства продукции, так и его обслуживания во время послепродажного функционирования. Ключевым элементом предлагаемого электронного обслуживания (e-maintenance) будет являться базирующееся на Web-технологиях дистанционное администрирование, мониторинг, тестирование, диагностика, прогнозирование состояния эксплуатируемых изделий, реконфигурация их структур, в случае возникновения аварийных и нештатных ситуаций и отсутствии необходимых резервов. Однако, для эффективного внедрения КФС как в повседневную деятельность людей, так и в промышленную сферу необходимо решить целый ряд актуальных проблем современной кибернетики (неокибернетики) [6-13], связанных с концептуальным и формальным описанием КФС и предметных областей, где планируется их использование, проблем разработки и

детализация концепций комплексного моделирования, проактивного мониторинга и управления КФС; проблем разработки средств представления и обработки информации о состоянии КФС и о состоянии соответствующих систем проактивного мониторинга и управления КФС; проблем, связанных с исследованием базовых свойств КФС (самоконфигурирование, самообслуживание, самооптимизация, отказоустойчивость, самозащита) и факторов на них влияющих; разработка методов, алгоритмов, моделей обоснования, анализа и синтеза адаптивных информационных технологий организации и реализации процессов функционирования КФС с учетом объективных потребностей в соответствующих данных, информации и знаниях; исследование вопросов взаимодействия КФС с пользователями, правильной интерпретацией КФС поставленных целей и задач, их действий в случае некорректной постановки задач; анализ возможных путей использования существующих в биологических системах принципов и способов поведения при синтезе КФС [6–9].

Характеризуя современное состояние исследований в области кибернетики, необходимо отметить, что объявленная основоположниками кибернетики всеобщность законов данной теории, остается, к сожалению, пока преимущественно декларацией, слабо подтвержденной конструктивным обоснованием именно ее всеобщности (это касается, прежде всего, сложных организационно-технических и социально-экономических систем). Образовавшийся в настоящее время разрыв между кибернетикой и соответствующими прикладными теориями управления, с одной стороны, и информатикой, с другой стороны, является ярчайшим подтверждением сложившейся ситуации [9]. В этих условиях необходимо принимать безотлагательные меры по ликвидации данного разрыва. Авторами доклада проанализированы основные результаты, полученные к настоящему времени в классической кибернетике, в большинстве своем ориентированной на управление техническими объектами, а также определены перспективные приоритетные направления исследований проблем управления сложностью в рамках неокибернетики (современной теории управления сложными объектами (СлО) и процессами (СлП)), в качестве основных объектов управления которой рассматриваются, в общем случае не только КФС, но и сложные социо-кибер-физические системы (СКФС).

2. История развития кибернетики

Изначально основоположником кибернетики Н. Винером в 1948 г. в книге «Кибернетика или управление и связь в животном и машине», подчёркивалось, что данная наука является наукой об управлении, связи

и переработке информации в системах любой природы [1–3, 9, 11–16]. При этом главная цель исследований, проводимых в рамках указанной науки, состояла в выявлении и установлении наиболее общих законов функционирования, которым подчиняются как управляемые объекты, так и соответствующие управляющие подсистемы независимо от их природы. Анализ определения, данного Н. Винером, показывает, что системообразующим в кибернетике является положение о главенствующей роли информационных процессов в ходе формировании и реализации соответствующих управляющих воздействий. Ключевой концепцией классической кибернетики является цикл причинно-следственных связей, определяющий изменения состояния объекта управления. Примером такого цикла может служить реализация управления с обратной связью. Иллюстрацией такого управления является следующая схема (рис. 1).

Содержание процессов управления идентично в системах различной природы: биологических, технических, социальных и т.п. [15, 16]. Указанное положение получило свое прекрасное подтверждение в ходе создания универсальных преобразователей информации — электронно-вычислительных машин, которые, в связи с этим, долгое время называли и в нашей стране, и за рубежом *кибернетическими машинами*. Таким образом, в области системно-кибернетических исследований изначально была сформирована логически стройная и объективно обусловленная цепочка таких фундаментальных системных понятий как: Кибернетика — Управление — Информационные процессы — Универсальный преобразователь информации (ЭВМ, кибернетическая машина) [5–7].

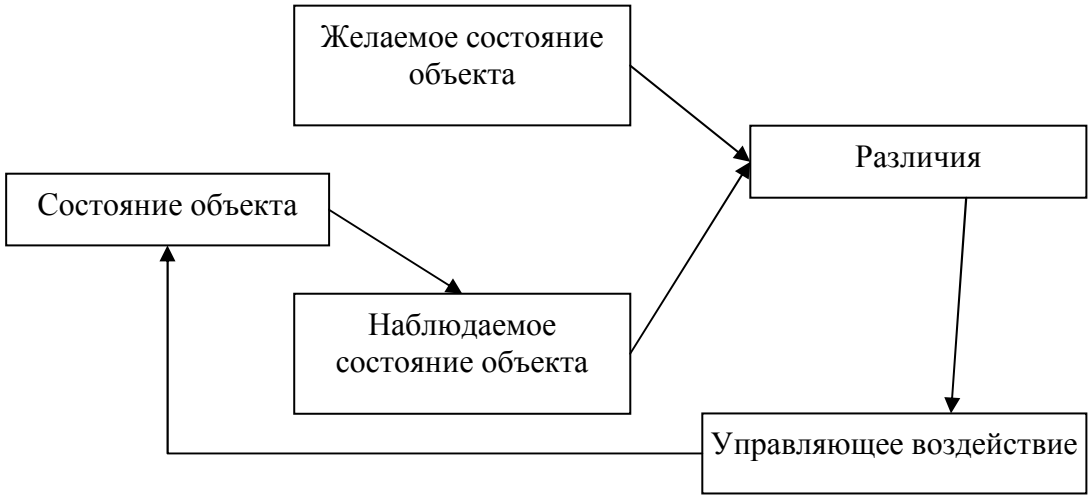


Рис. 1. Концептуальное описание технологии управления объектом с обратной связью

Однако в дальнейшем в силу ряда объективных и субъективных причин эта взаимосвязанная и взаимообусловленная цепочка была разорвана, что привело к ряду негативных последствий как в области современной кибернетики, так и информатики. Указанные последствия, с одной стороны, состояли в образовании большого числа несвязанных и развиваемых независимо друг от друга “кибернетических разделов” в различных науках (техническая, биологическая, экономическая, химическая, медицинская кибернетики и т.п.) [6–9, 17–20]. С другой стороны, произошедший разрыв привел к потере целевой ориентации в организации процессов сбора, хранения и обработки данных и информации, которая на ”заре” кибернетики определялась, как правило, исходя из текущих задач управления объектами.

Современная тотальная экспансия компьютерных технологий создала у многих иллюзию их универсальности и способности решить любые проблемы. Вместе с тем, произошедшие к настоящему времени многочисленные аварии и катастрофы в различных сферах человеческой деятельности, причинами которых было несовершенство указанных технологий, позволило многим ученым в мире заговорить о “компьютерном разрушении западной цивилизации” и построении не информационного общества, а общества риска [1–3, 5].

Становление кибернетики как науки в нашей стране, как часто это бывало в других областях народного хозяйства, шло по принципу от одной крайности к другой. Вначале, в основном благодаря усилиям нашим политологов и философов, кибернетику на протяжении нескольких лет (1948–1955) обвиняли во всех смертных грехах. Но буквально через несколько лет делается резкий поворот в отношении к кибернетике в нашей стране, и её начинают превозносить. Большую роль в деле реабилитации и популяризации кибернетики в СССР сыграли такие выдающиеся ученые нашей страны как академики АН СССР А.И. Берг, А. Колмогоров, член-корреспондент АН СССР А.А. Ляпунов [5–7, 14, 21–23]. По всей стране проводились многочисленные лекции и дискуссии о роли процессов управления. Так, например, в Ленинградском Доме ученых в 1956 г. была организована первая в стране секция кибернетики, которую возглавил академик и будущий нобелевский лауреат Л. Канторович. В начале 60-х годов стал выходить научный сборник под названием: “Кибернетику - на службу коммунизму”.

Одна из причин резких перемен в отношении к кибернетике была связана с тем, что в начале 60-х годов руководство страны и наши экономисты, отмечая рост сложности экономики и соответствующих процессов управления, искали научные основы организации

современного производства, его децентрализации и оптимизации. В рамках кибернетики указанные вопросы формулировались и решались довольно строго. В итоге проведённых в 60–70-е годы в нашей стране и за рубежом исследований по проблемам общей теории управления (кибернетики) был сформулирован и доказан ряд фундаментальных положений.

Было доказано, что [5–9, 15, 16]: во-первых, важнейшим атрибутом любой системы (биологической, технической, социальной и т.п.) являются механизмы управления, поддерживающие систему в целостном состоянии и обеспечивающие целесообразное ее поведение в пространстве и времени; во-вторых, управление в системе любой природы есть целенаправленный процесс, предполагающий наличие вполне определенной цели; в-третьих, управление в системе любой природы есть информационный процесс, заключающийся в сборе, передаче и переработке информации; в-четвертых, регулярное и целенаправленное управление возможно только в замкнутом контуре, состоящем из управляющих и управляемых объектов, соединенных между собой прямыми и обратными линиями (цепями) связи; и, наконец, в-пятых, управление есть циклический процесс, а самоуправление должно быть оптимальным.

Таким образом, классическая кибернетика свела все ранее существовавшие взгляды на процессы управления в единую систему и доказала ее полноту и всеобщность. Другими словами, она предметно продемонстрировала повышенную мощность системного подхода к решению сложных проблем [1–3, 15–16]. Наиболее разработанным направлением в кибернетики явилась теория управления техническими системами, в рамках которой были получены многочисленные выдающиеся фундаментальные и прикладные научные результаты отечественными и зарубежными специалистами [1–7, 11–20].

Новый всплеск интереса в мире к кибернетике на рубеже XX–XXI веков обусловлен, во-первых, все более усиливающейся в различных предметных областях *проблемы сложности* и, во-вторых, в повсеместно проявляющихся недостатках практического применения холистического или, по-другому, системного мышления в ИТ индустрии [6–7, 20–25]. Решение проблем управления сложными объектами (problem of complexity control and management) потребовало проведения междисциплинарных исследований с привлечением специалистов разных специальностей: экономистов, биологов, физиков, математиков, специалистов в области управления и компьютерных технологий.

Таким образом, характеризуя состояние исследований в области кибернетики на рубеже XX–XXI веков, необходимо отметить, что

объявленная основоположниками кибернетики всеобщность законов данной теории, осталась, к сожалению, преимущественно декларацией, слабо подтвержденной конструктивным обоснованием именно ее всеобщности применительно к сложным организационно-техническим и социально-экономическим системам. Образовавшийся в настоящее время разрыв между кибернетикой и соответствующими прикладными теориями управления, с одной стороны, и информатикой, с другой стороны, является ярчайшим подтверждением сложившейся ситуации. В этих условиях необходимо принимать безотлагательные меры по ликвидации данного разрыва.

3. Современные методология и технологии неокибернетики

Анализ современного состояния фундаментальных и прикладных научных работ в области решения проблем управления СлО и СлП показал, что время реакции и адаптации теоретических исследований в указанной области на перемены, которые вызваны научно-техническим прогрессом, значительно превышает интервал между его очередными изменениями. Основные причины такой ситуации, вызваны тем, что принципиально изменились свойства как объектов управления (ОУ), так и в целом систем управления (СУ) ими по сравнению с объектами и системами, которые исследовались в рамках классической кибернетики. К таким особенностям можно, в первую очередь отнести [6–7]:

- повышенную структурно-функциональную сложность, размерность, избыточность, распределенность, унификацию, однородность и многосвязность основных элементов, подсистем СУ СлО;
- структурную динамику, нелинейность и непредсказуемость поведения; наличие иерархически-сетевой структуры;
- неравновесность, неопределенность от вмешательства и выбора наблюдателя;
- постоянное изменение правил и технологий функционирования, изменение правил изменения технологий и самих правил функционирования; наличие как контуров отрицательной, так и положительной обратной связи, приводящих к режимам самовозбуждения (режимам с обострением);
- наряду с детерминированным и стохастичным поведением, возможно хаотическое поведение;
- ни один элемент в СУ СлО не обладает полной информацией о системе в целом; избирательная чувствительность на входные воздействия (динамическая робастность и адаптация)
- время реагирования на изменения, вызванные возмущающими воздействиями, оказывается больше, чем время проявления

последствий этих изменений, чем интервал между этими изменениями;

- абсолютную полноту и достоверность информации описания реального объекта получить принципиально невозможно в соответствии с пределом Бреммерманна–Эшби и теоремой Геделя.

Таким образом, из-за структурной, функциональной сложности ОУ, а также сложности моделирования и прогнозирования их состояний, сложности выработки и принятия управленческих решений классическая теория и технологии управления уже перестали удовлетворять потребностям практики [9]. Перечисленные особенности потребовали проведения упреждающих исследований, основанных на прогнозировании возможных проблем в рассматриваемой предметной области и разработке соответствующих методологических и методических основ их решения. Применительно к вопросам развития кибернетики можно говорить о нескольких наметившихся тенденциях (направлениях исследований).

Говоря о первой тенденции, отметим, что за прошедшие десятилетия эры классической (винеровской) кибернетики многие авторы делали попытки пересмотреть ее научно-методологические основы. Так еще в 1963 году в статье М. Маруамы [10] появился термин «кибернетика второго порядка» (second cybernetics). В отличие от классической кибернетики (кибернетики первого порядка) в новых кибернетических системах предлагалось вводить в рассмотрение контуры положительной обратной связи для усиления полезных входных воздействий и флуктуаций и контуры отрицательной обратной связи для ослабления нежелательных входных воздействий. Согласно концепции, сформулированной М. Маруамой, такая модель более правдоподобно объясняет природу процессов обучения, адаптации, социальных взаимодействий. Указанные свойства данных кибернетических систем нового поколения в работе [10] предлагалось называть свойствами операциональной замкнутости и избирательной чувствительности. Формирование данных свойств предполагается проводить, во-первых, исходя из складывающейся обстановки и особой настройки структуры рассматриваемых систем на заданный класс входных воздействий, и, во-вторых, за счет целенаправленного выбора соответствующих порогов срабатывания в синтезируемых контурах управления с отрицательными и положительными обратными связями. Это особенно важно при оперативном выявлении и ликвидации самовозбуждающихся контуров (сетей), которые могут возникать в структурах современных организационно-технических систем [6–9]. Опасность таких контуров связана с тем, что в них малые возмущающие

воздействия с течением времени могут привести к катастрофическим последствиям [9, 13].

Н. Фоёрстер в статье «Кибернетика кибернетики» [11] в 1974 году определил кибернетику первого порядка как кибернетику наблюдаемых систем, а кибернетику второго порядка как кибернетику наблюдения, включающую наблюдателя. По мнению Н. Фоёрстера, основным объектом исследований кибернетики второго порядка являются процессы взаимодействия между наблюдателем и тем, что наблюдается, и данная теория должна быть, прежде всего, ориентирована на живые системы, причем не столько на управление ими, сколько на познание процессов развития и нарастания биологической и социальной сложности.

В развитие концепции кибернетики второго порядка Н. Фоёрстера финский ученый H. Hyötyniemi в своей книге «Неокибернетика биологических систем» [12] систематизировал методологические подходы современной кибернетики, применимые к моделированию распределенных самоорганизующихся систем. Эти подходы в основном базируются на известных концепциях, рассмотренных выше, но, в дополнение к ним, предоставляют конструктивные механизмы описания процессов саморегуляции и эволюции, применимые на практике. Примеры, рассмотренные в книге, не исчерпываются биологическими системами, т.к речь в них идет, прежде всего, о системах естественного и искусственного происхождения. Для описания процессов взаимодействия в СУ СлО H. Hyötyniemi в работе [12] привел следующие конструктивные определения кибернетических систем высоких порядков, исходя из их способности к самоорганизации и эволюции:

- кибернетические системы первого порядка, которые находят равновесие в условиях возмущающих воздействий внешней среды;
- кибернетические системы второго порядка настраивают внутренние структуры для лучшего соответствия наблюдаемым воздействиям внешней среды в интересах увеличения жёсткости системы (по критерию минимума наблюдаемых изменений в системе);
- кибернетические системы более высоких порядков перестраивают свои внешние структуры для создания более комфортной внешней среды.

Концепции кибернетики второго и более высоких порядков оказалась плодотворной для формирования и исследования процессов самоорганизации в современных сложных социо-кибер-физических системах (СКФС). Для описания процессов взаимодействия в указанных системах H. Hyötyniemi предложил использовать понятие абстрактной

энергии (информационной энергии), а также ввел в обращение новый термин «эмергия» (объединение термина энергия и эмерджентность). В этом случае можно говорить о потоке «эмергии» из системы во внешнюю среду и об обратном потоке. Опираясь на эти концепты H. Hyötyniemi построил общую концептуальную модель самоорганизации, обобщающую приведенную выше схему классического централизованного управления с обратной связью (см. рис. 1 и 2).

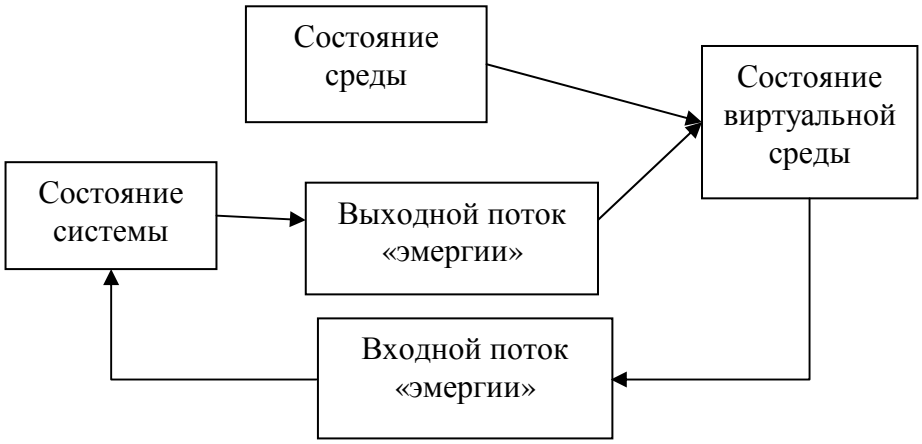


Рис. 2. Схема методики

На приведенной схеме показано, что система непосредственно взаимодействует с некоторой абстрактной виртуальной средой. Заметим также, что целенаправленная система может использовать модель внешней среды для формирования выходного потока «эмергии», исходя, например, из максимизации данного потока (максимального переноса «эмергии» через внешнюю среду). Для экономических систем этот критерий может принимать форму максимизации оборота. В целях конструктивной реализации представленной схемы необходимо соответствующие стрелки заменить на функциональные зависимости, которые, в общем случае, могут быть определены неявно, например, алгоритмически, либо в виде систем алгебраических или обыкновенных дифференциальных уравнений. Эту модельную схему можно также использовать для исследования целенаправленных воздействий на самоорганизующуюся систему, т.е. управления указанной системой. При этом сам процесс управления для СКФС трактуется широко. Для социальной страты данной системы это может быть формирование стимулов (поощрений и наказаний через соответствующие законы, инструкции и протоколы), которые должны регламентировать деятельность субъектов, обеспечивающих ее целенаправленное поведение. Для этого множество характеристик виртуальной внешней

среды следует разделить на группы соответственно регулируемых и нерегулируемых характеристик. Управляющие воздействия на систему состоят в непосредственном изменении регулируемых характеристик. В результате таких воздействий опосредованно, через изменение состояния систем, значения нерегулируемых характеристик также могут изменяться. Как правило, цель управления системой формулируется именно в терминах изменения нерегулируемых характеристик виртуальной среды.

Регулируемые характеристики (входные воздействия на систему) можно в свою очередь разделить на два класса. Значения характеристик первого класса непосредственно воздействуют на многие элементы системы. Входные воздействия второго класса влияют на состояние одного или нескольких элементов системы. Последствия таких воздействий с течением времени могут сказываться на состоянии других элементов за счёт взаимодействия с уже изменившимися элементами.

Проведенные исследования показали, что моделирование СКФС требует интеграции статистических данных, полученных посредством наблюдения массового взаимодействия элементов системы, с данными, полученными на основе теоретических моделей, описывающих процессы функционирования СКФС с положительными и отрицательными обратными связями. Моделирование взаимного влияния целей, структурных характеристик СКФС и массовых событий, связанных со взаимодействиями элементов системы, позволяет прогнозировать поведение СКФС в изменяющейся среде.

В этом случае адаптивное планирование и формирование управляющих воздействий на социальные системы требует анализа трех аспектов: 1) целей, которые определяются за счет баланса целей подсистем и посредством самоорганизации целенаправленного поведения элементов систем; 2) структуры систем; и 3) массовых событий, связанных с изменением состояния элементов систем.

Для моделирования процессов управления СКФС разработаны методы интеграции сетевых моделей, описывающих структуру систем с социальными элементами, динамические модели когерентного и самоорганизующегося поведения элементов и моделей массовых событий. При этом взаимосвязи между эндогенными переменными, описывающими состояние социальных субъектов, были представлены в терминах знаковых графов.

Глубокая функциональная и структурная общность биологических объектов и современных информационных и телекоммуникационных систем, базирующаяся на их сетевой организации, послужила отправной точкой большого количества фундаментальных и прикладных

исследований [6–10, 15, 16]. Разрабатываемые в настоящее время архитектуры, ориентированные на сервисы и базирующиеся на концепции виртуализации своих компонент, создают материальную основу для синтеза принципиально новых информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем, которые по своим свойствам будут приближаться к свойствам живых организмов. Одним из классиков современной кибернетики С. Биром в работах [15, 16], было показано, как на основе нейрофизиологической интерпретации функционирования центральной нервной системы человека удается построить оригинальную пятиуровневую модель жизнеспособной системы, в которой за счет гибкого сочетания механизмов иерархического и сетевого управления можно находить необходимый (в зависимости от складывающейся ситуации) компромисс между централизацией и децентрализацией целей, функций, задач и операций, выполняемых в соответствующей организации и определяющих её специфику. Данную модель С. Бир успешно использовал при решении различных классов задач прогнозирования и анализа путей развития сложных социально-экономических систем [15]. При этом в своих работах С. Бир неоднократно подчеркивал, что конструктивное исследование многоаспектной проблемы сложности должно базироваться на дальнейшем диалектическом развитии принципа необходимого разнообразия, сформулированного Р. Эшби [16].

К другим новациям в развитии кибернетики на современном тапе можно отнести также эволюционную кибернетику [10], которая изучает кибернетические свойства живых систем и принципы, методы и модели обработки информации в них, кибернетическую физику, представляющую собой новое междисциплинарное научное направление, связанное с исследованием физических систем кибернетическими методами [17], геофизическую кибернетику, в рамках которой изучаются проблемы управления состоянием неживых природных объектов [18], кибернетику, основанную на технологиях интеллектуального управления [19], космическую кибернетику, ориентированную на разработку методологических и методических основ автоматизации процессов управления современными и перспективными космическими средствами [20].

Еще одной из основных тенденций, связанных со становлением неокибернетики, является ее взаимодействия с другими научными дисциплинами и направлениями в рамках интенсивно развиваемой в настоящее время междисциплинарной отрасли системных знаний [21]. При этом важнейшую роль в дальнейшем развитии идей и концепций в процессе становления некибернетики, продолжать играть информатика и общая теория систем (системология) [9].

Говоря о процессах взаимодействия кибернетики с информатикой следует отметить, во-первых, то, что последняя исторически развивалась в значительной мере в недрах традиционной кибернетики, фактически на единой технической базе — вычислительной технике и средствах связи и передачи данных, и, во-вторых, кибернетика, являясь наукой об общих законах и закономерностях управления и связи, объективно была вынуждена заниматься вопросами использования информации в интересах управления. Информационная составляющая пронизывала и некоторые ранние определения кибернетики. В последние годы отмечается второй виток сближения кибернетики и информатики. Происходит активное терминологическое и содержательное взаимопроникновение этих научных направлений. Так методы, технологии и средства, разрабатываемые в недрах информатики, активно внедряются в кибернетику в рамках таких новых научных направлений как: информационное управление, управление информацией различные виды интеллектуального управления (ситуационное, нейроуправление, управление, основанное на знаниях, на основе эволюционных алгоритмов, многоагентное управление и т.д). В свою очередь кибернетическая терминология проникает в информатику и вычислительную технику. Сегодня, в частности, весьма популярными в области ИТ индустрии становятся понятия и, соответственно, стратегии адаптивных и проактивных компьютерных систем, адаптивного управления и адаптивного предприятия. Эти стратегии интенсивно развиваются компаниями IBM, Intel Research, Hewlett Packard, Microsoft, Sun и др. [22–23].

Взаимодействие кибернетики с общей теорией систем осуществляется по нескольким направлениям. Первое из этих направлений непосредственно связано с обобщенным описанием объектов и субъектов управления на основе новых формальных подходов, разрабатываемых в современной системологии, к числу которых можно, например, отнести структурно-математический и категорийно-функторный подходы [4]. В этой связи можно отметить интересные научные результаты, которые были получены в квалиметрии моделей и полимодельных комплексов и могут быть использованы в кибернетике [6–7, 24]. Другие направления взаимодействия кибернетики и научных дисциплин, входящих в состав системно-кибернетической отрасли знаний, описаны в работах [1–5, 7–15, 24].

Говоря о технологической составляющей современной неокибернетики следует отметить весьма перспективную тенденцию интеграции теории и технологий управления, коммуникаций и вычислений. За рубежом для обозначения данного направления исследований была введена следующая афористическая формула:”Control+Communication+Computation=C3” [8, 25].

В рамках указанного научно-технологического направления стали интенсивно формироваться соответствующие теоретические основы [9]. При этом в числе первоочередных задач в рассматриваемой предметной области были определены задачи нахождения границ для скоростей (интенсивностей) передачи данных по коммуникационной сети, связывающей основные элементы и подсистемы системы управления (СУ) сложными динамическими объектами (СДО), при которых обеспечение заданной цели управления возможно в принципе. Также к числу важнейших задач указанного класса были отнесены задачи определения условий управляемости и наблюдаемости в СУ СДО при наличии информационных ограничений [8, 17]. К настоящему времени большинство теоретических результатов в рассматриваемой области концентрируются вокруг ставшей уже знаменитой “теоремы о скорости передачи данных” [8]. Важность этой теоремы состоит в ее междисциплинарном содержании, так как она связывает на формальном уровне центральные понятия теории информации и теории управления и может рассматриваться как обобщенная дифференциальная форма закона необходимого разнообразия У.Р. Эшби [2].

Практическая реализация интеграционных процессов в рамках концепции С3 происходит в настоящее время в ходе дальнейшего развития встроенных систем нового поколения, получивших в 2006 г. название кибер-физических систем (Cyber-Physial-System — CPS) [8, 21-23, 25]. По мысли разработчиков указанных систем они представляют собой "физические, биологические и технические интеллектуальные сенсоры, а также системы, операции которых интегрируются, контролируются и/или управляются компьютерным ядром, являющимися, как правило, распределенными и функционирующими в реальном масштабе времени (РМВ)". При этом CPS по сравнению с традиционными встроенными системами (ВСС) базируются на гораздо более сложных моделях и алгоритмах обработки информации и управления, способных к адаптации, самоорганизации и самооптимизации.

Анализ показывает, что концепция и технологии CPS, также как и концепции и технологии повсеместных вычислений и коммуникаций, радиочастотной идентификации (RFID-технологии), интеллектуальных многомодальных интерфейсов, межмашинного взаимодействия легли в основу такого глобального мегапроекта как “Интернет вещей (ИВ)”, для реализации которого в самое ближайшее время по всему миру будут разворачиваться ”умные заводы”. Так, например, в Германии, начиная с 2013 года, уже повсеместно осуществляется переход к ”умному” производству в рамках стратегической инициативы Industrie 4.0. На создаваемых интеллектуальных заводах планируется использовать

совершенно новые подходы к производству, при котором получаемые ”умные детали” (”умные продукты”) будут обладать собственными уникальными идентификаторами, дистанционно считываемыми с использованием технологий RFID [21–23, 25]. Также эти детали смогут в любой момент автономно определять свое местоположение (технологии Wi-Fi, Zigbee, GPS, ГЛОНАСС), формировать и анализировать свою “историю” (данные, информацию и знания о ней), текущее состояние и альтернативные алгоритмы достижения целевого состояния. Для успешного достижения сформулированных в рамках инициативы Industrie 4.0 целей должны быть обеспечены: горизонтальная интеграция производства через сети создания стоимости, полная цифровая интеграция инженерно-конструкторских работ по всей цепочки создания стоимости, а также вертикальная интеграция в объединенные системы производства. В настоящее время все эти задачи могут быть успешно решены при условии комплексной автоматизации и интеллектуализации процессов управления жизненным циклом (ЖЦ) ”умных деталей”.

В целом предлагаемая стратегическая инициатива Industrie 4.0 позволит ускорить динамику бизнес и технологических процессов, обеспечить полную прозрачность производственного процесса, что значительно облегчит оптимизацию принятия управленческих решений, направленных на повышение эффективности производства продукции и услуг. Однако успешная реализация данной инициативы станет возможной только при условии существенного задела в области автоматизации и интеллектуализации процессов мониторинга и управления как производственными процессами, так и соответствующими структурами. Для этого необходимо продолжить проведение фундаментальных и прикладных исследований современной теории управления (неокибернетики), системологии и информатики [4, 6, 7, 9, 24].

4. Перспективы развития неокибернетики

Проведенный анализ показал, что дальнейшие перспективы неокибернетики в большинстве публикаций [1–7, 21-23, 25] связывают с исследованием такого важнейшего класса сложных самоорганизующихся объектов как социо-кибер-физические системы (СКФС). В отличие от CPS в СКФС важнейшую роль начинают играть их активные социальные подсистемы, осуществляющие целенаправленную деятельность в соответствии с принимаемыми решениями и способные к рефлексии по поводу своих действий и действий других субъектов. Способность субъектов к изменению стратегии и тактики на основе рефлексии без привязки к изменению внешних условий делает социальные системы внутренне неустойчивыми [1–9]. Неустойчивость социальных систем приводит к тому, что

согласованное взаимодействие субъектов возможно лишь при четко налаженном управлении (самоуправлении), причем интенсивность управляющих воздействий должна превышать определенный «порог синхронизации» [6–9]. При этом выполненные исследования показали, что возможность управления СКФС, с одной стороны, ограничена эквифинальностью систем данного класса, с другой стороны, именно от управляющего воздействия зависит, в каком из имеющихся аттракторов (многоструктурном макросостоянии [9]) в конечном итоге окажется конкретная самоорганизующаяся система. Исследования также показали, что для эффективного управления СКФС необходимо знать структуру имеющихся аттракторов, а также способы перевода системы из одного аттрактора в другой. Конструктивные ответы на эти вопросы в настоящее время формируются в рамах разрабатываемой авторами доклада теории управления структурной динамикой СлО. В рамках данной теории разработаны методологические и методические основы решения проблем управляемой самоорганизации как наиболее эффективного способа борьбы с разнообразием внешней среды, базирующейся на реализации целенаправленных процессов поддержания динамического соответствия структур и функций в соответствующих сложных организационно-технических и социально-экономических системах [6–7, 9].

Говоря о дальнейших направлениях исследований, следует указать, что одна из основных особенностей СКФС состоит в том, что для их динамического развития необходимы определенная доля хаоса, т.е. доля спонтанной самоорганизации, и определенная доля управления, внешнего контроля, и что эти две составляющие - самоорганизация снизу и организация сверху — должны быть сбалансированы [9, 13]. Анализ работ известного кибернетика XX века С. Бира показал, что конструктивное определение необходимых управляющих воздействий, обеспечивающих ограниченную самоорганизацию и контролируемую нестабильность СКФС, лежит на пути обеспечения динамического соответствия разнообразий состояний как внешней среды, так и самой СУ СлО. Предварительный анализ показал, что, используя предложенную С. Биром пятиуровневую модель жизнеспособной системы, можно разработать комбинированные методы, алгоритмы и методики иерархически-сетевого управления, обеспечивающего гибкую ситуативную реакцию СКФС на складывающуюся обстановку [9, 15-16, 24]

Заключение

Изложенные в докладе соображения о возможных путях развития кибернетики на современном этапе рассматриваются авторами как продолжение дискуссии, открытой на страницах международного

научно-технического журнала «Проблемы управления и информатики», №3, 2001 год, статьей Н.Н. Дидука и В.Н. Коваля «Существует ли наука кибернетика? (О роли кибернетики в естествознании)». Первая реакция одного из авторов данного доклада на эту дискуссию была отражена в опубликованной в этом журнале (№6, 2001 г.) статье Юсупова Р.М. и Полонникова Р.И. «Воспримет ли кибернетику XXI век?». На этот вопрос в данном докладе его авторы фактически дают положительный ответ.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (№№ 16–29–09482–офи-м, 17–08–00797, 17–06–00108, 17–01–00139, 17–20–01214, 17–29–07073–офи-м, 18–07–01272, 18–08–01505, 19–08–00989), Госзадания Министерства образования и науки РФ №2.3135.2017/4.6, в рамках бюджетной темы №№0073–2019–0004, и Международного проекта ERASMUS+, Capacity building in higher education, №73751-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP.

Список литератцры

1. Wiener N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. — New York, NY: Wiley, 1948.

2. Ashby W. Ross. An Introduction to Cybernetics: Second Impression. — London: Chapman & Hall Ltd, 1957. — 312 p.

3. Bertalanffy von L. General System Theory — Foundations, Development, Applications. — New York, NY: George Braziller, 1969 (revised edition).

4. Калинин В.Н., Резников Б.А. Теория систем и управления (структурно-математический подход). – Л.: ВИКИ, 1987. — 417 с.

5. Герасименко В. А. Информатика и интеграция в технике, науке и познании // Зарубежная радиоэлектроника. — 1993. — № 05. — С. 22–42.

6. Юсупов Р М. К 90-летию академика Е.П.Попова // Информационно-управляющие системы. — 2005. — №1. — С. 51–57.

7. Юсупов Р.М., Соколов Б.В. Проблемы развития кибернетики и информатики на современном этапе // Сб. «Кибернетика и информатика». СПб.: Издательство СПбГПУ, 2006. — С. 6–21.

8. Андриевский Б.Р., Матвеев А.С., Фрадков А.Л. Управление и оценивание при информационных ограничениях: к единой теории управления, вычислений и связи // Автоматика и телемеханика. — 2010. — №4. — С. 34-99.

9. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. — М.: Наука, 2006. — 408 с.

10. Maruyama M. The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes // American Scientist. — 1963. — 5:2. P. 164-179.

11. Foerster von H. Cybernetics. Encyclopedia of Artificial Intelligence. — New York: John Wiley and Sons, 1987.

12. Hyötyniemi, H. Neocybernetics in Biological Systems. – Espoo: Helsinki University of Technology, Department of Automation and Systems Technology, Control Engineering Laboratory, 2006. — 275 p.

13. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Коэволюция сложных социальных структур: баланс доли самоорганизации и хаоса. URL: http://spkurdyumov.narod.ru/KnyazevaKurdyumov11.htm.

14. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами: учебник / под ред. чл.-кор. РАН Д.А. Новикова. — М.: Либроком, 2009. — 264 с.
15. Бир С. Кибернетика и менеджмент. — М.:УРСС, 2007. — 246 с.
16. Бир С. Мозг фирмы. — М.:УРСС, 2005.
17. Фрадков А. Л. Кибернетическая физика. — СПб.: Наука, 2004. — 208 с.
18. Юсупов Р. М., Гаскаров Д. В. и др. Введение в геофизическую кибернетику и экологический мониторинг / Под общей редакцией Р.М.Юсупова. — СПб.: СПбГУВК, 1998.
19. Тимофеев А.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные системы управления // Изв. РАН. Техническая кибернетика. — 1994. — № 5. — С. 41-53.
20. Калинин В.Н. Современная космическая кибернетика — методологические основы и направления исследования // Информация и космос. — 2007. — №3. — С. 7–16.
21. Вонт Р, Перинг Т., Тенненхау Д. Адаптивные и проактивные компьютерные системы // Открытые системы. — 2003. — Октябрь. — С. 4–9.
22. Черняк Л. От адаптивной инфраструктуры — к адаптивному предприятию // Открытые системы. — 2004. — Октябрь. — №9. — С.30–35.
23. Черняк Л. Киберфизические системы на старте // Открытые системы. — 2004. — Февраль — №3. — С.10–13.
24. Микони С.Н., Соколов Б.В.. Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. - М.: РАН, 2018. — 314 с.
25. DynaWeb is an e-maintenance solution to future sustainable industrial and societal challenges // http://dynamite.vtt.fi.

УДК 519.8,

Вяткин Валерий Владимирович[1],
д-р техн. наук, профессор,
Дроздов Дмитрий Николаевич[1],
аспирант,
Голуб Юлия Александровна[2],
информатик-экономист, учитель информатики

КОНЦЕПЦИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ КАК СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

[1] Швеция. Технический университет Лулео,
[2] Россия. Санкт-Петербург. Средняя общеобразовательная школа № 274
{valeriy.vyatkin, dmitrii.drozdov}@ltu.se, July.golub@gmail.com

Аннотация. В статье предлагается концепция киберфизической инженерии как продуктивного способа применения научных результатов теории киберфизических систем (КФС) (Cyber-Physical Systems – КФС). КФС возникла как междисциплинарная научная теория, претендующая на попытку объединить две независимо развивавшиеся школы: 1) вычислительной (Computer Science), основанной на математи-

ческой лингвистике и теории алгоритмов, и 2) школы автоматического управления, использующ интегро-дифференциальные уравнения для моделирования динамических процессов. Предлагаемый метод киберфизической инженерии поясняется на примере производственной киберфизической системы.

Ключевые слова: гибридные автоматы, киберфизическая система, концепция, междисциплинарное направление, модель.

Valeriy Vyatkin,
Dr. Tech. sciences, professor,
Dmitry Drozdov,
Graduate student,
Yulia A. Golub,
Computer scientist–economist, Teacher of Informatics

CYBER-PHYSICAL ENGINEERING AS A WAY OF APPLYING THE THEORY OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

[1]Luleå tekniska Universitet, Luleå, Sweden
[2] Saint-Petersburg, Russia, Secondary school № 274
{valeriy.vyatkin, dmitrii.drozdov}@ltu.se, July.golub@gmail.com

Abstract. The article proposes the concept of cyber-physical engineering (CPE) as a productive method for applying the scientific results of the theory of cyber-physical systems (CPS). CFS emerged as an interdisciplinary scientific theory, pretending to attempt to combine two independently developing schools: 1) computational (Computer Science), based on mathematical linguistics and theory of algorithms, and 2) automatic control schools, using integro-differential equations for modeling dynamic processes. The proposed method of cyber-physical engineering is illustrated by an example of a production cyber-physical system.

***Keywords*:** hybrid automata, cyber-physical system, concept, interdisciplinary direction, model.

Введение

Термин «киберфизическая система» (КФС) используется в настоящее время неоднозначно. Это связано с историей его возникновения и развития в направлении все более широкой трактовки, что будет кратко рассмотрено в разделе 1.

Наибольшие ожидания связываются с применением концепции киберфизической системы для промышленных предприятий и моделирования производственных процессов. Однако, зачастую суть понятия КФС оказывается выхолощенной. Поэтому мы предлагаем понятие киберфизической инженерии, как способа наполнить понятие КФС и его применение практическим смыслом. В разделе 2 будет приведен пример концепции КФС для перестраиваемого производственного процесса.

1. Причины возникновения и суть концепции киберфизической системы

Общеизвестно принятое в Википедии определение*:* «*Киберфизическая система (англ. cyber-physical system) — информационно-технологическая* ***концепция****, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида, включая биологические и рукотворные объекты. В киберфизических системах вычислительная компонента распределена по всей физической системе, которая является её носителем, и синергетически увязана с её составляющими элементами*» [1].

Термин предложен для названия семинара, созданного по инициативе Управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США DARPA (англ. *Defense Advanced Research Projects Agency*) [2], задачами которого является управление разработкой новых технологий для использования в интересах вооружённых сил с целью сохранения технологического превосходства вооруженных сил США, поддержка перспективных исследований, преодоление разрыва между фундаментальными исследованиями и их применением в военной сфере.

В ряде работ (например, [3]) есть информация о том, что термин «*киберфизические системы*» предложила в 2006 г. Хелен Джилл, в то время директор по встроенным и гибридным системам в Национальном научном фонде США, желая подчеркнуть отличительную особенность организуемого семинара *NSF CPS Workshop*, пересмотреть роль встроенных систем. Термин КФС предложен для исследования комплексов, состоящих из различных природных объектов, искусственных систем и управляющих контроллеров, объединяемых в единое целое и включающих: встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, автоматизированные системы управления техническими процессами и объектами, беспроводные сенсорные сети.

Такие комплексы представляют собой фактически автоматизированные системы, более крупные и сложные, чем существующие, где компьютеры интегрированы или встроены в те или иные физические устройства или системы. Для исследования таких комплексов необходимо гармоничном сосуществовании двух типов моделей. С одной стороны – это традиционные инженерные модели (механические, строительные, электрические, биологические, химические и др.), а с другой – компьютерные модели.

В частности, для создания технических комплексов необходимо сочетание методов и моделей независимо развивавшихся школ:

1) вычислительной школы (Computer Science), основанной на математической лингвистике и теории алгоритмов, и

2) школы автоматического управления, использующая интегро-дифференциальные уравнения для моделирования динамических процессов.

Таким образом, фактически была поставлена задача создания новой междисциплинарной ***концепции***, что и отражено в определении в Википедии.

В англоязычной Википедии говорится, что в КФС используют междисциплинарные подходы, объединяются кибернетика, мехатроника, теория и практика управления конкретными процессами. От привычных встроенных систем КФС отличается более развитыми связями между вычислительными и физическими элементами, поэтому используется архитектура, аналогичная интернету вещей (IoT).

В то же время во многих трактовках (напр., [4, 5] КФС определяются как «***системы***, состоящие из различных природных объектов, искусственных подсистем и управляющих контроллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое…», т. е. КФС представляются не как концепция, а как некоторые изделия, реально существующие системы.

Это объясняется диалектикой объективного и субъективного в таких общенаучных понятиях, как «система», которое может означать и философско-методологическое отображение желаемого, и реализованный объект.

Объясняется это еще и тем, что термин «попал» в руки политиков. Он понравился Ангеле Меркель, которая по исходному образованию физик, и использован в проекте немецкого правительства по компьютеризации промышленности Industry 4.0 и связан с Четвертой промышленной революцией.

Именно такая трактовка и привела к активному использованию термина. Первую промышленную революцию связывают с изобретением Дж. Уаттом парового двигателя, что резко увеличило производительность труда в XIX веке. Вторая промышленная революция ознаменовалась массовым производством в начале XX века за счет использования электроэнергии. Третью революцию можно считать промежуточной и отнести к ней промышленных роботов и автоматизацию, которая началась с начала 1970-х гг. Соответственно четвёртая промышленная революция означает появление полностью цифровой промышленности, основанной на взаимном проникновении информационных и промышленных технологий.

По мнению немецких учёных [5]: 1) перспективы появления киберфизических систем и формирования на их основе Индустрии 4.0 затрагивают интересы общества в целом, поэтому должны рассматриваться не только в техническом, а в более широком социокультурном аспекте, с учетом демографических и других происходящих изменений; 2) область применения КФС распространяется практически на все виды человеческой деятельности, включая все многообразие промышленных систем, транспортные, энергетические и военные системы, все виды систем жизнеобеспечения от медицины до умных домов и городов, а также многие экономические системы; 3) создание полноценных КФС в перспективе приведет примерно к таким же изменениям как те, к которым привела в свое время сеть Internet.

Однако при такой трактовке появилась опасность упрощенного понимания того, что такое киберфизическая система. И нередко на конференциях представлено много работ, в которых использование отдельных инновационных технологий третьей и четвертой промышленных революций (так называемых цифровых технологий) названо киберфизической системой.

С точки зрения авторов, ключевым критерием для использования инструментария КФС при исследовании и проектировании систем, является наличие сильных взаимовлияний между физическими и вычислительными процессами, не позволяющими эффективно моделировать системы в рамках какой-то одной парадигмы. Одним из источников таких взаимовлияний является всё возрастающее применение беспроводной связи для взаимодействия компонентов производственных и других технических систем. Встраивание миниатюрных вычислительных устройств буквально внутрь процессов также подвергает их различным физическим влияниям, от которых могут меняться результаты вычислений. Например, такими факторами могут быть температура, вибрация, радиация, заряд батарей, и др.

Принцип киберфизической инженерии (КФИ), предлагаемый и обсуждаемый в данной статье, состоит в использовании языков и средств междисциплинарного моделирования на всех этапах проектирования, анализа и эксплуатации систем.

Поэтому в следующем разделе несколько подробнее поясняется суть КФИ на примере производственной киберфизической системы.

2. Киберфизическая производственная система

Развитие автоматизации производственных процессов тесно связано с интеллектуальными гибкими системами управления.

Предшественниками киберфизических производственных систем (Cyber-physical production system – CPPS) можно считать автоматизиро-

ванные системы управления техническими процессами и объектами, встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, беспроводные сенсорные сети.

С технической точки зрения КФС имеют много общего со структурами, реализуемыми посредством интернета вещей (Internet of Things, IoT), Индустрии 4.0, промышленного интернета вещей (Industrial Internet), межмашинного взаимодействия (Machine-to-Machine, M2M), туманных и облачных вычислений (fog и cloud computing). КФС объединяют аналитику больших объёмов данных, роботов, компьютерное зрение, дополненную реальность и 3D-печать. Но этими техническими средствами нельзя ограничивать представление о КФС. Для этих сложных систем требуются новые кибернетические подходы к моделированию.

При принятии решения о необходимости создания киберфизической промышленной системы следует исходить из особенностей конкретного производства, видов продукции, выпускаемой предприятием, потребности в ее оперативном обновлении, что и должна обеспечивать CPPS.

Принципиально новым в КФИ является тот факт, что в ней не только должны обеспечиваться тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами, но и эффективно реагировать на возникающие киберфизические эффекты, такие как взаимовлияния физических процессов и вычислительных процессов друг на друга. Компьютеры осуществляют мониторинг и управление физическими процессами с использованием обратных связей, с помощью которых происходящее в физических системах оказывает влияние на вычисления и наоборот.

Существующие средства программирования для КФС не включают механизмов, при помощи которых разработчик мог бы лёгким интуитивным образом включать в программную реализацию алгоритмов управления информацию об окружающих условиях, в которых алгоритм исполняется в данный момент времени. Это дало бы возможность программирования поведения устойчивого поведения систем в условиях, когда меняется её физическая структура, появляются новые физические влияния, и т.д. С этой целью в работе [15] введено понятие киберфизического агностицизма (КФА), как свойства программного обеспечения КФС поддерживать определённые желаемые инварианты поведения несмотря на всевозможные физические влияния.

Киберфизическая промышленная система может быть построена с минимальными усилиями с помощью набора готовых строительных блоков производственного процесса и новой архитектуры распределенной автоматизации, определенной стандартом IEC 61499.

Стандарт IEC 61499 обеспечивает реализацию ряда свойств КФА, таких как сохранение логики выполнения распределённой программы при изменении архитектуры аппаратных средств и сетей. Как показано на рис. 1, программа управления КФС в стандарте IEC 61499 строится как сеть функциональных блоков, связанных линиями передачи сообщений. Этот механизм позволяет программе сохранять семантику поведения независимо от того, выполняются ли все блоки в одном микроконтроллере или на распределённой сети таких контроллеров (как изображено на рис. 1). Дополнительным инструментом повышения КФА является передача временных меток событий, позволяющая, таким образом, использовать в вычислениях возраст данных, получаемых от датчиков и передаваемых через сети. В работах [16, 17] предложен метод формальной верификации свойств КФА ПО.

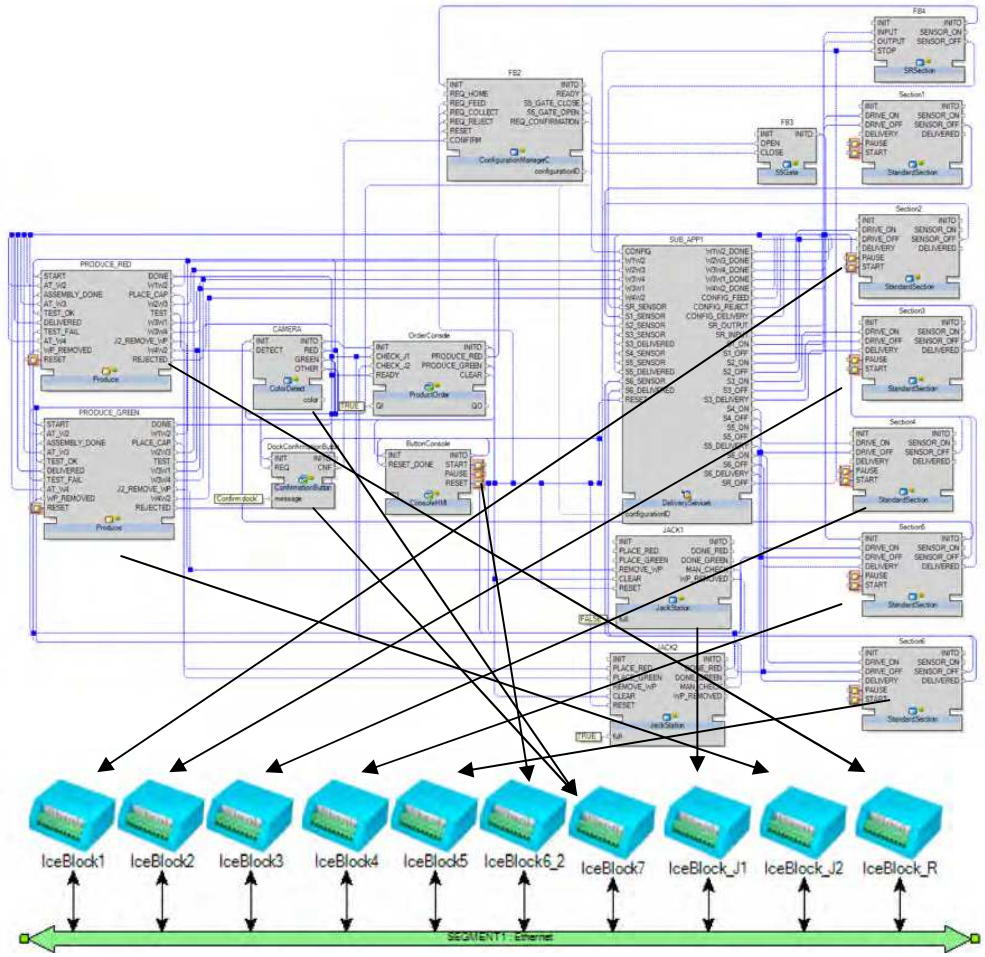


Рис. 1. Размещение блоков программы управления производственной системой на сети устройств IceBlock

Конечная цель этих работ – предоставить платформу для распределенного интеллекта в будущих системах автоматизации, обеспечить полное беспроводное решение, в котором беспроводная связь должна быть встроена в отраслевые приложения Индустрии 4.0.

Например, в лаборатории «Автоматизация, промышленные вычисления, связь и управление» Технологического университета Лулео (Лулео, Швеция, www.ltu.se/AICcube) разработан наноконтроллер для производственных киберфизических систем – IceBlock с 4 входами и 4 выходами (4DI, 4DO), который обеспечивает необходимое беспроводное взаимодействие между компонентами физической производственной системы, ее безопасность и распределенность КФС.

IceBlock nano-PLC – это мощное, но крошечное и экономичное устройство, которое должно стать узлом в Интернете компьютеров. Это устройство может осуществлять управление интеллектуальным мехатронным компонентом, взаимодействуя с другими такими компонентами по беспроводной связи. Он общается с другими узлами одноранговой сети через Интернет-протокол, что позволяет избежать множества устаревших полевых шин. IceBlock существует в стандартной конфигурации с 4 входами и 4 выходами, но также может быть настроен для конкретных интерфейсов мехатронных устройств. IceBlock использует самую мощную реализацию стандарта IEC 61499, предоставленную NxtControl.

Эти маленькие устройства (рис. 2) производит стартап, созданный студентами (см. сайт: https://danscontrol.com). Контроллеры IceBlock используют аппаратные решения для повышения свойства КФА, например, временную синхронизацию между группами устройств.

Рис. 2. IceBlock –устройство для построения производственных киберфизических систем

Такие блоки осуществляют управление отдельными узлами производственной системы, взаимодействуя друг с другом, подобно примеру, приведенному на рис. 3. Данный пример представляет гибкую сборочную системы с динамически меняющейся физической конфигурацией при заказе нового вида продукта. Отдельные мехатронные устройства автономно управляются контроллерами IceBlock.

Принцип размещения программных блоков программы управления КФС на сети устройств IceBlock приведен на рис. 3.

Рис. 3. Пример сборочной системы с динамически меняющейся физической конфигурацией при заказе нового вида продукта.

Для того чтобы протестировать свойства подобной системы необходимы моделирование и верификация. Для моделирования КФС существуют методы и средства проектирования распределенных информационно-управляющих систем промышленной автоматики. Эти методы основаны на различных способах формирования графов.

Наиболее распространенными методами являются в настоящее время методы, развиваемые в теории объектно-ориентированного моделирование сложных динамических систем на основе формирования гибридных или сложных динамических систем, представляющих собой иерархические, событийно-управляемые системы переменной структуры.

С помощью такого графа производственные процессы описываются последовательностью локальных состояний и поведений, смена которых проходит под воздействием событий.

Формально гибридный автомат (напр., [6]) задается множеством компонент:

$$H=\{t, G, V, C, P, A, F\},$$

где $G=\{S, s_0, E\}$ — ориентированный граф, вершины которого сопоставлены элементам множества дискретных состояний автомата $S=\{s_i \mid i=1\ldots m\}$, а дуги — возможным переходам автомата из одного состояния в другое E: $S\to S$. Одно из состояний s_o является начальным; $t\in T\subset R$ — независимая переменная, определяющая значение непрерывного времени; $V=\{Vc, Vd\}$ — множество переменных, в том числе: $V_c=\{v_i\in R \mid i=1\ldots n_c\}$ — множество непрерывных переменных и $V_d=\{v_i\in R\cup Z\cup B \mid i=1\ldots n_d\}$ — множество дискретных переменных ($B=\{false, true\}$ — множество логических значений); $C=\{c_i : (t, V)\to V_c \mid i=1\ldots k_c\}$ — множество непрерывных отображений; $P=\{p_i(t, V)\in B \mid i=1\ldots k_p\}$ — множество логических предикатов; $A=\{c_i : (t, V)\to V \mid t=1\ldots k_a\}$ — множество мгновенных действий; $F=\{F_c, F_p, F_a\}$, где F_c: $C\to S$ — отображение, сопостав-

ляющее множество непрерывных отображений множеству состояний (вершин графа), F_p: $P \rightarrow E$ отображение, сопоставляющее множество предикатов множеству переходов (дуг графа), F_a: $A \rightarrow E$ — отображение, сопоставляющее множество мгновенных действий множеству переходов (дуг графа).

Таким образом, гибридный автомат — это ориентированный граф, вершинам которого сопоставлены некоторые качественные состояния системы и приписаны непрерывные действия, которые выполняются, пока данное состояние является текущим.

Гибридный автомат функционирует следующим образом. В момент времени t=0 текущим является значение s_0. Далее переменная t изменяется независимо и выполняются непрерывные действия c_i, приписанные текущему состоянию s_i. Это происходит до тех пор, пока логический предикат $p_y=F_p(e_y)$, приписанный переходу e_y из состояния s_i в новое состояние s_j не примет значение *true*. В этот момент непрерывные действия c_i перестанут выполняться, непрерывные переменные сохранят свои последние вычисленные значения. Сработает переход e_y, согласно которому выполнятся мгновенные действия $a_y=F_a(e_y)$, изменяющие значение некоторых переменных и определятся начальное значение для непрерывного отображения, приписанного состоянию s_j. Состояние s_j становится текущим. Далее снова начнет продвигаться непрерывное время t и будет выполняться приписанное состоянию s_j непрерывное отображение $c_j=F_c(s_j)$ с заданными начальными значениями. Гибридный автомат можно рассматривать как описание последовательной композиции непрерывных компонент, взаимодействующих через начальные условия.

Гибридный автомат с одним состоянием соответствует непрерывной системе. Гибридный автомат, состояниям которого не приписаны непрерывные отображения, соответствует дискретному автомату.

Основой идеи теории гибридных автоматов можно считать метод кусочно-линейной аппроксимации (симплексный метод) специального отображения, возникающего при применении необходимых условий оптимальности управления – принципа максимума Л.С. Понтрягина. В 1960-70-е гг. развивали *метод цифровой кусочно-линейной аппроксимации* [8, 9 и др.].

Для моделирования разрабатываются и применяются специальные программные комплексы, требующие сложно организованных численных библиотек и специализированного математического обеспечения для формирования, анализа и решения итоговых систем алгебро-дифференциальных уравнений различного вида. Существуют различные подходы к компьютерному моделированию сложных динамических систем, графические языки моделирования. Появились языки, претендую-

щие на звание универсальных. Это – Универсальный Язык Моделирования (UML) и язык физического моделирования Modelica, а также система моделирования КФС Ptolemy II [19]. При этом, язык программирования стандарта IEC 61499 позволяет реализовывать такие модели наиболее естественным способом.

Таким образом, понятие «гибридная система» является удобным обобщением, предоставляющим понятийный и формальный аппарат для описания и моделирования широкого спектра задач в различных инженерных приложениях [10 – 15] и др.

Процесс формирования гибридной системы оказывается достаточно сложным, так как форма представления входной информации ориентирована на пользователя и существенно отличается от внутреннего, машинного представления. Для получения удовлетворительных результатов, приходится исследовать построенную математическую модель, выбирать подходящий метод решения.

Краеугольным камнем киберфизической инженерии является использование моделей КФС на всех стадиях разработки, тестирования и эксплуатации. Такие модели существенным образом включают в себя модели динамики физических процессов, наряду с моделями вычислительных процессов и взаимодействий между ними.

Совокупность способов анализа и синтеза КФС с применением моделей поведения объекта управления представлена на диаграмме предложенной Ханишем (рис. 4) (см., напр., [15]).

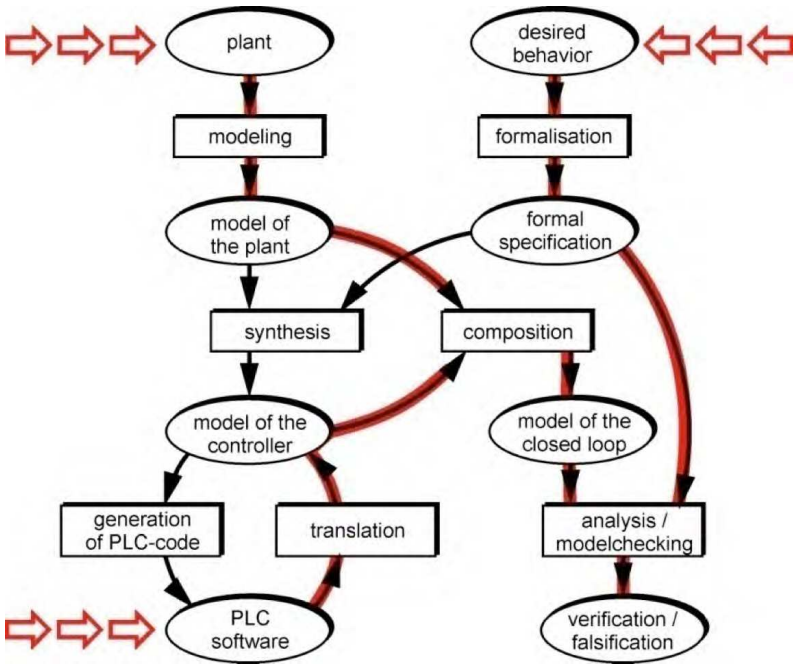


Рис. 4. Способы анализа и синтеза КФС с применением моделей поведения объекта управления

Пример моделирования с замкнутым контуром для простого объекта (рис. 5) в приведен на рис. 6. Использован язык сетевых систем событий и состояний (Net Condition-event Systems).

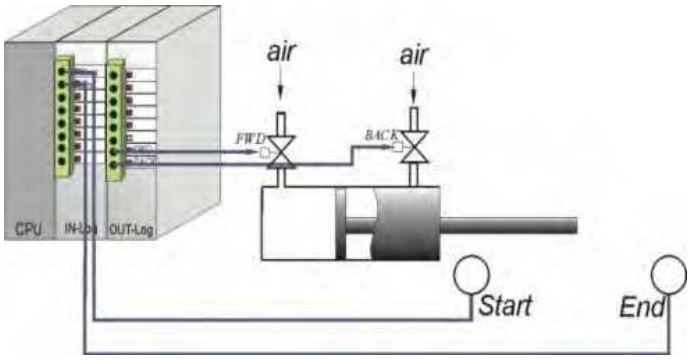


Рис. 5. Пример системы управления простым пневматическим цилиндром

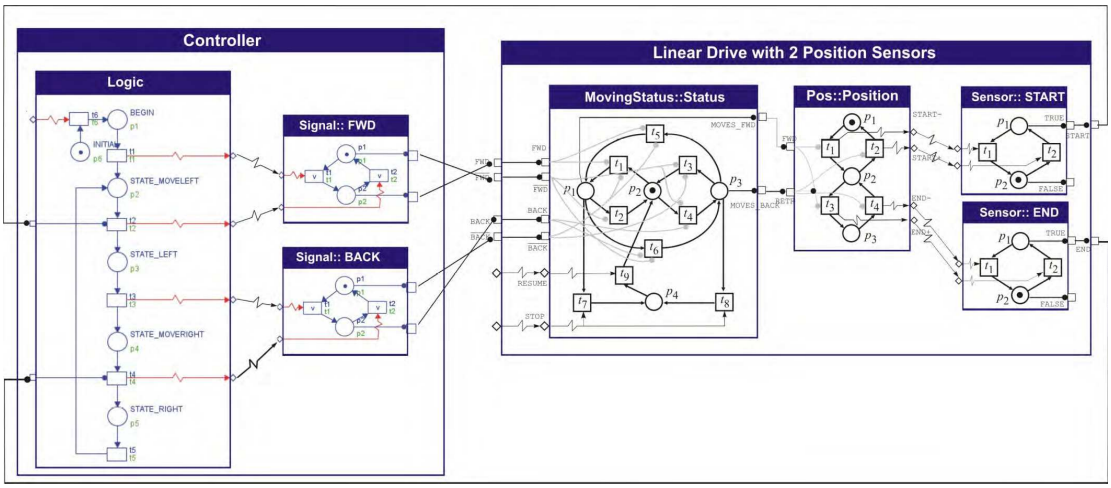


Рис. 6. Модель с замкнутым контуром на языке сетевых систем событий и состояний

Сопоставление исполняемой и формальной моделей приведено на рис. 7. Исполняемая модель задана средствами стандарта IEC 61499, а формальная модель на языке сетевых систем событий и состояний.

Приведенные примеры показывают, что даже разработка экспериментальной системы автоматизации с применением концепции киберфизической системы является достаточно сложной проблемой.

Полный переход отрасли на системы автоматизации нового поколения займет много времени. Распределенная платформа ПЛК IceBlock сегодня является ключом к улучшению существующего оборудования с помощью распределенного интеллектуального управления. Это решение направлено на плавный переход к Индустрии 4.0 .

С учетом этого краеугольным камнем промышленной трансформации является соответствующее профессиональное образование. Необходимо разрабатывать образовательный пакет, чтобы обеспечить подход

«учить на практике» и дать студентам достаточные навыки для обеспечения будущего перехода к Индустрии 4.0.

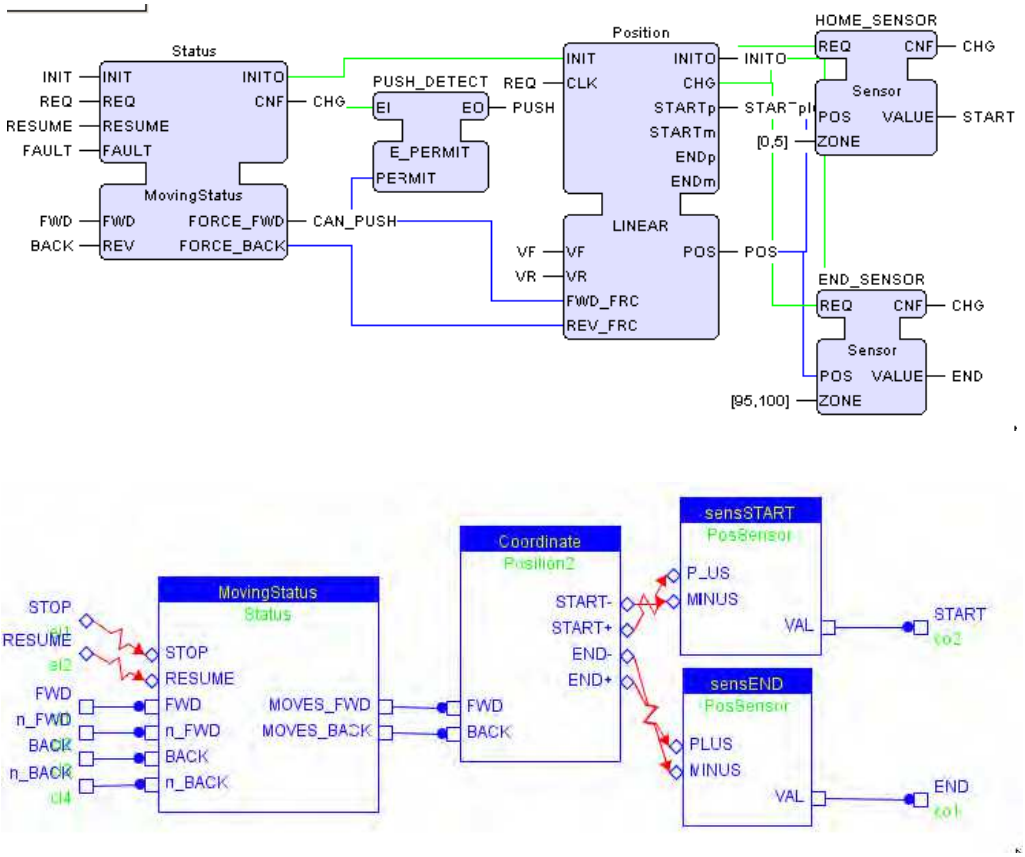


Рис. 7. Исполняемая и формальная модели

При этом необходимо использовать виртуальные модели простых систем автоматизации, чтобы учить, как можно создавать их программное обеспечение в виде блоков "включай и работай". В сочетании с нано-ПЛК с беспроводным подключением это создает совершенно новый опыт гибкой разработки для будущих систем автоматизации на основе IoT, уделяя особое внимание сценариям реконфигурации и повторному использованию программных компонентов.

Немецкая академия Acatech уже говорит о перспективах национальных киберфизических платформ, которые складываются из трех типов сетей: Интернет людей ∪ Интернет вещей ∪ Интернет сервисов.

Поэтому подготовка квалифицированных кадров для работы с новыми технологиями и создания систем автоматизации на основе концепции киберфизической системы является в настоящее время весьма важной задачей.

Заключение.

В статье представлена концепция киберфизической инженерии как метода практического применения междисциплинарной научной теории

киберфизических систем, объединяющей науку о вычислениях, основанную на математической лингвистике и средствах компьютерного моделирования гибридных систем, и модели автоматического управления, основанные на интегро-дифференциальных уравнениях для моделирования динамических процессов. Поясняется суть КФС на примере производственной киберфизической системы.

Реализация концепция киберфизической системы как междисциплинарной научной теории позволяет создавать гибко перестраиваемые производства, работающие по индивидуальным запросам потребителей.

Будущая автоматизация будет тесно связана с интеллектуальными гибкими системами управления. Системы автоматизации могут быть построены с минимальными усилиями с помощью набора готовых строительных блоков и новой архитектуры распределенной автоматизации, определенной стандартом IEC 61499.

Список литературы

1. Киберфизическая система https://ru.wikipedia.org.
2. Клабуков И.Д., Яковец А.В., Алехин М.Д. Организация системного проектирования и технической поддержки оборонных исследовательских программ DARPA // Инновации. — 2017. — № 5(223). — С. 12—19. — ISSN 2071-3010. — DOI:10.5281/zenodo.1173043.
3. Черняк Леонид. Интернет вещей: новые вызовы и новые технологии // Открытые системы. СУБД. 2013. № 4. С. 14–18. URL: URL Электронный ресурс: http://www.osp.ru/os/2013/04/13035551.
4. tc194.ru.
5. tadviser.ru›index.php…Киберфизические_системы…КФС.
6. Колесов Ю. Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем. СПб.: Изд. СПбГПУ, 2004. 239 с.
7. Онтологический подход к организации взаимодействия сервисов интеллектуального пространства при управлении гибридными системами / А.В. Смирнов, А.М. Кашевник, А.В. Пономарев, С.В. Савосин // Искусственныйинтеллект и принятие решений. №4. 2014. С. 42-51.
8. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов, Государственное издательство физико-математической литературы. М.: Наука, 1962.
9. Савельев А.Я. Прикладная теория цифровых автоматов. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1987. 272с.
10. Lee E.A., Seshia S.A. Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, http://LeeSeshia.org, ISBN 978-0-557-70857-4, 2011.
11. Henzinger, T.A. The Theory of Hybrid Automata, Elev-enth Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Sci-ence, July 1996, pp. 278–292.
12. Вяткин, В.В. Проектирование распределенных систем управления промышленными процессами с использованием UML-FB / В.В. Вяткин, В.Н. Дубинин, Х.М. Ханиш // Интеллектуальные системы (AIS'04) : тр. междунар. науч.-техн. конф. (Дивноморское). – М.: Физматлит, 2004. – Т. 1. – С. 193-199.

13. Vyatkin, V. IEC 61499 as Enabler of Distributed and Intelligent Automation: State of the Art Review / V. Vyatkin // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2011. – Vol. 7, Issue 4. – P. 768–781.

14. Vyatkin, V. Refactoring of Execution Control Charts in Basic Function Blocks of the IEC 61499 Standard / V. Vyatkin, V. Dubinin // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2010. – Vol. 6, Issue 2. – P. 155–165.

15. Vyatkin, V. Verification of distributed control systems in intelligent manufacturing / V. Vyatkin, H.-M. Hanisch // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2003. – № 14 (1). – P. 123–136.

16. V. Vyatkin, C. Pang, S. Tripakis. "Towards Cyber-Physical Agnosticism by Enhancing IEC 61499 with PTIDES Model of Computations", International Annual conference of IEEE Industrial Electronics Society, Yokohama, November, 2015.

17. D. Drozdov, S. Patil, V. Vyatkin, "Towards Formal Verification for Cyber-physically Agnostic Software: a Case Study", International Annual conference of IEEE Industrial Electronics Society IECON'17, Beijing, 2017.

18. D. Drozdov, S. Patil, V. Vyatkin, "Formal Modelling of Distributed Automation CPS with CP-Agnostic Software", Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing (SOHOMA'16), Lisbon, Portugal, October 6-7, 2016.

19. Ptolemaeus, C., 2014. *System design, modeling, and simulation: using Ptolemy II* (Vol. 1). Berkeley: Ptolemy. org.

УДК 303.5

УДК 002+517(075.8)

Микони Станислав Витальевич,
ведущий научный сотрудник, д-р техн. наук, профессор

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТЕРМИНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской Академии Наук, smikoni@mail.ru

Аннотация. С системных позиций анализируются определения понятий управление, управление качеством и менеджмент качества. Показывается несогласованность этих определений. С привлечением первого закона Ньютона определяются цели управления. Предлагается структура определения понятия управление, порождаемая четырьмя валентностями глагола управлять. Структура, объединяющая существенные признаки определения, кладётся в основу неоднородной семантической сети. Сеть итеративно расширяется за счёт существенных признаков входящих в неё понятий. Существенные признаки родового понятия принимаются за лингвистические переменные. Путём их означивания терминами соответствующей предметной области формируются существенные признаки видовых понятий управления.

Ключевые слова: терминология, система, родовое понятие, видовое понятие, управление, валентности глагола, семантическая сеть.

Stanislav V. Mikoni,
Leading Researcher, Ph.D., Dr. Sci., Fool Professor

SYSTEM APPROACH TO DEVELOPMENT CONTROL TERMINOLOGY

Russia, St. Petersburg, St. Petersburg Institute for Informatics
and Automation of the Russian Academy of Sciences, smikoni@mail.ru

Abetract. From system positions, the definitions of the concepts of control and quality management are analyzed. The inconsistency of these definitions is shown. With the involvement of the first law of Newton determined the objectives of control. The structure of the definition of the concept of control, generated by the four valences of the verb control, is proposed. The structure that combines the essential features of the definition, is the basis of a heterogeneous semantic network. The network is iteratively expanding due to the essential features of its concepts. The essential features of a generic concept are taken as linguistic variables. By means of their meaning by the terms of the corresponding subject area, the essential features of the specific concepts of management are formed.

Keywords: terminology, system, generic concept, species concept, control, verb valences, semantic network.

Введение

Любая профессиональная деятельность требует своего языка общения. Фиксация языка решается с помощью терминологических стандартов, отражающих результаты соглашения специалистов в каждой предметной области (ПрО). Терминологический стандарт следует рассматривать как систему, выраженную в текстовой форме. Её элементами являются определения понятий. Определение понятия представляется повествовательным предложением, которое также следует рассматривать как систему. Её элементами являются слова.

Как к системе, и к стандарту в целом, и к содержащимся в нём определениям предъявляются требования *полноты, неизбыточности* и *непротиворечивости*. Относительно этих требований и определяется качество терминологического стандарта. Рассмотрим эту проблему на примере терминологии управления. Чтобы показать, что такая проблема существует, приведём определение понятия управления из нормативного документа [8]. В нём *управление* определено как *процесс выработки и осуществления управляющих воздействий*. Слово процесс здесь избыточно, поскольку оба отглагольных существительных относятся к категории процессов (действий). А вот определяющее слово «управляющих» создаёт порочный круг в этом определении.

Любую деятельность можно выразить через *выработку и осуществление воздействий* субъекта на объект действия. Для того, чтобы разделить деятельность на виды, необходимо указать их цели. Но

слово «управляющие» в цитированном определении не поясняют цели. Таким образом, это определение не отвечает требованиям полноты (отсутствуют субъект и объект действия и преследуемая ими цель) и непротиворечивости (порочный круг). В силу своей неполноты это определение не имеет явных связей с другими понятиями документа [8].

Не отличается в лучшую сторону качество и современных нормативных документов. В нормативном документе [3] *управление качеством* определено как *методы и виды деятельности стратегического и оперативного характера, используемые для* ***выполнения требований к качеству***. С точки зрения кто, кем, как и зачем управляет, в этом определении есть ответ только на последний вопрос (помечен жирным шрифтом). С натяжкой можно принять методы и виды деятельности за управляющие воздействия, хотя относить их одной категории понятий проблематично. Стратегический и оперативный характер не выделяет *управление качеством* среди других видов деятельности. Поэтому это предложение скорее является разъяснением, чем определением управления качеством.

В стандарте [1] понятие *менеджмент качества* определено как *скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией применительно к качеству*. Руководство и управление осуществляются с помощью управляющих воздействий на объект управления и с этой точки зрения являются синонимами, словосочетание «применительно к качеству» вряд ли является расшифровкой цели. Поскольку менеджмент является разновидностью управления, это определение имеет порочный круг (определяемое определяется через себя).

Здесь следует отметить, что понятия *управление качеством* и *менеджмент качества* являются видовыми понятиями по отношению к понятию *управление*. Следовательно, в соответствии с системными требованиями их определения должны подразумевать родо-видовые связи между этими понятиями. Рассмотрим, как решить выявленные проблемы с помощью системного подхода.

1. Принципы систематизации понятий

Если систему базовых понятий предметной области принять за систему аксиом, то к ней применима вторая теорема Гёделя о неполноте: «Логическая полнота (или неполнота) любой системы аксиом не может быть доказана в рамках этой системы. Для ее доказательства или опровержения требуются дополнительные аксиомы». В качестве таковых по отношению к ПрО, рассматриваемой как система, относятся закономерности системологии. Поскольку центральным понятием системы является связность её элементов, необходимо различать типы связей между

понятиями. К ним относятся: атрибутивная связь (иметь свойство, иметь значение), связь-обобщение (вид-род), связь-присоединение (часть-агрегат) и ее частный случай часть-целое, связь-принадлежность (элемент-класс), связь-влияние (аргумент-функция). Разновидностями связи-влияния являются каузативная (причина-следствие), суммирующая, альтернативная и транзитивная связи [6].

Другой областью знания по отношению к ПрО, оформляемой в качестве текстового документа, является языкознание, правила которого применимы к этому документу.

Связующую роль в любом предложении играют валентности глагола [4]. Полную информацию о глаголе дают ответы на следующие шесть вопросов (6W): Who, What, Why, Where, When, How (буква W в конце слова). Ответы на первые два вопроса конкретизируют субъект и объект действия. Ответ на вопрос Why (Зачем? Почему?) объясняет цель действия. Ответ на вопрос How (Как?) поясняет сущность определяемого понятия (как устроено, как действует). Ответы на вопросы Where и When дают пространственно-временную характеристику действия, конкретизируя его во времени и в пространстве, что ёмко объясняется английскими словами time bond (ограниченное по времени) и place bond (ограниченное по месту нахождения). Заметим, что пространственно-временная характеристика действия является излишней для обобщающего понятия. Её использование влечёт переход определения в объяснение или инструкцию. Предъявим изложенные требования к определениям понятия управление и определяющим его понятиям.

2. Понятие «управление»

Требованиям системности отвечает определение управления, данное в [7]: *выработка и осуществление воздействий одного объекта* (субъекта управления) *на другой объект* (объект управления) *с целью поддержания его равновесия или развития*. Полнота этого определения объясняется наличием в нём ответов на вопросы: кто?, что?, зачем? и как?. Особого объяснения требуют цели управления (зачем?).

Согласно упомянутой выше второй теореме Гёделя (о неполноте) для объяснения целей управления привлечём первый закон Ньютона, который гласит: *всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока* ***воздействие*** *со стороны других тел не выведет его из этого состояния*. Но управляющее воздействие и требуется для того, чтобы вернуть тело в состояние покоя или равномерного прямолинейного движения (в частном случае), придав им смысл соответственно поддержания равновесия или улучшения функционирования (развития). Очевидно, что в отсутствие сторонних воздействий управление не требуется.

Равновесие (гомеостазис) объекта управления (ОбУ) определим через его состояние, при котором значения основных параметров остаются неизменными. Развитие ОбУ определим через его состояние, при котором значения основных параметров улучшаются в нужном направлении. Здесь важно отметить тот факт, что состояние равновесия или улучшения функционирования (развитие) характеризует свойства именно ОбУ, проявляется через его показатели. Иными словами, эти свойства и являются целевыми, а управление является, лишь, средством их реализации. Что же это за свойства?

Состояние равновесия характеризуется устойчивостью ОбУ, а улучшение функционирования резонно характеризовать настойчивостью в достижении цели. Ведь, развитие обязательно имеет некоторую цель или совокупность целей. Ни то, ни тем более, другое из этих понятий в сборнике [8] не поясняются. Рассмотрим эти понятия, исходя из их языковой природы.

3. Понятия «устойчивость» и «настойчивость»

Учитывая русскоязычное происхождение слов устойчивость и настойчивость, принадлежащих одному словообразовательному гнезду с корнем стой (см. рис. 1), прибегнем к их грамматическому разбору [10].

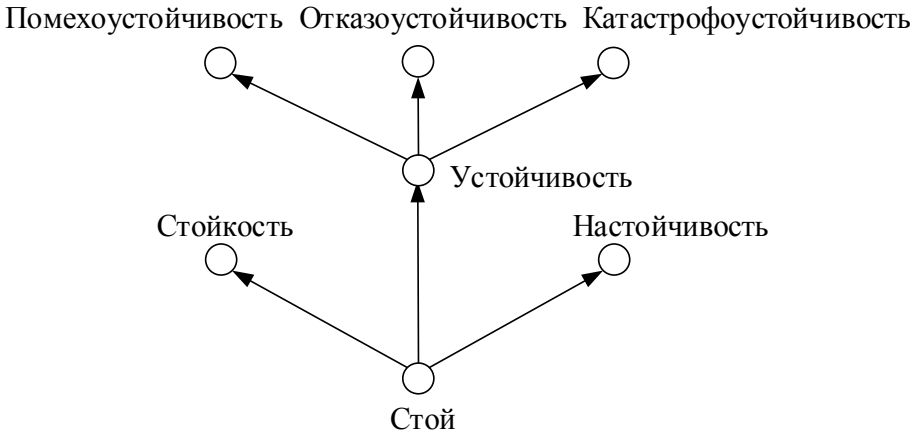


Рис. 1. Часть словообразовательного гнезда с корнем «стой»

Основной смысл глагола «стой» заключается в «нахождении в вертикальном положении, не двигаясь с места» [9]. Не двигаться с места следует трактовать как пребывание в покое (без изменений). Слово стойкость наиболее близко по смыслу слову стойкий (объект, долго сохраняющий свои свойства, не поддающийся разрушению). Именно в этом смысле понимается стойкость к физическим или химическим воздействиям, или, например, стойкость бойцов в бою. Содержащие корень «стой» слова *устойчивость* и *настойчивость* также характеризуют разные виды сохранения при наличии возмущений: устойчивость – свойств ОбУ, а настойчивость – цели субъекта управления.

Отглагольное существительное устойчивость образовано от глагола «*устоять*» с наиболее общим значением «не поддаться некоторому воздействию», т.е. сохранить свое состояние. Средством обеспечения устойчивости объекта является его сопротивляемость воздействиям. В этом смысле слово устойчивость определим, как *свойство объекта выполнять свои функции в условиях возмущающих воздействий внутренней и внешней среды*.

Отглагольное существительное *настойчивость* образовано от глагола «настоять» с наиболее общим значением «достичь поставленной цели». Несмотря на то, что глагол достичь характеризует движение некоторой сущности, к нему может быть применено значение неизменности в достижении цели в условиях препятствия этому движению.

4. Семантическая сеть основных понятий управления

Семантическая сеть основных понятий управления представлена на рис. 2.

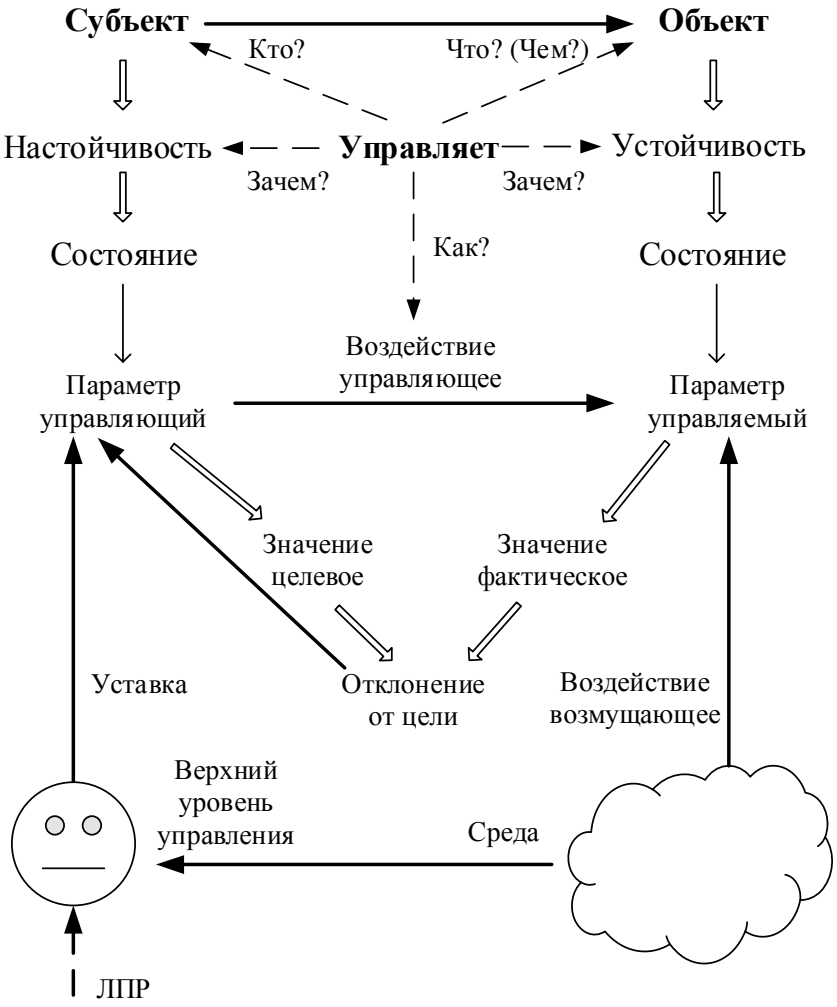


Рис. 2. Семантическая сеть основных понятий управления

Его верхняя часть отражает структуру определения понятия *управление*. Центральную роль в ней играет глагол «управляет» с рекомендуемой валентностью (числом вопросов) четыре. Два ответа на вопрос «зачем?» соответствует двум обобщённым целям управления, представленным косвенно через свойства объекта и субъекта управления. Равновесие объекта управления достигается через обеспечение его устойчивости, а залогом его развития является настойчивость субъекта в преодолении всех препятствий на пути к этой цели.

Между этими свойствами объекта и субъекта управления *устойчивость* и *настойчивость* и соответствующими им состояниями существует атрибутивная связь [6]. На рис. 2 она показана двойными стрелками. Состояние формализуется кортежом параметров. Поскольку кортеж параметров можно трактовать как класс упорядоченных элементов, каждый параметр связан с состоянием связью «элемент-класс». На рис. 2 этот вид связи обозначен тонкими стрелками. Параметры, характеризующие состояние объекта управления, называются *управляемыми*, а параметры, характеризующие состояние субъекта управления – *управляющими*.

Управляющему параметру внешний субъект управления задаёт целевое значение (уставку) [2]. В самоорганизующейся системе уставки вырабатываются верхним уровнем самой системы (см. рис. 2) [5]. В этом случае внешнее управление лицом, принимающим решение (ЛПР), переносится на более высокий уровень. Управляемый параметр объекта управления должен не выходить за пределы уставки. Причиной выхода за пределы уставки является возмущающее воздействие окружающей среды. Все виды воздействия, реализующие причинно-следственную связь, на рис. 2 представлены жирными стрелками.

В соответствии с теорией автоматического регулирования возникшее отклонение управляемого параметра от целевого значения передается по обратной связи на субъект управления. Информация об отклонении управляемого параметра изменяет состояние субъекта управления. Согласно известному закону управления вырабатывается соответствующее значение управляющего параметра. Это изменение в форме управляющего воздействия передается на объект управления с целью возвращения управляемого параметра к заданному значению.

5. Порождение видовых понятий

Разнобой и ошибки в определениях видовых понятий управления *управление качеством* и *менеджмент качества* связаны с тем, что они не имеют структуры определения управления. Между тем, как было отмечено во введении *управление качеством* и *менеджмент качества* являются видовыми понятиями управления с видовым отличием *качество*,

обозначающим сферу применения. Термины сферы применения и должны отражать особенности этой ПрО.

Для решения этой задачи примем определение управления за формулу, в которой существенные признаки играют роль лингвистических переменных, а термины сферы применения управления принимаются за значения этих переменных. Тогда задача формирования определения видового понятия сводится к означиванию лингвистических переменных. Оно выполняется подбором терминов, близких по смыслу каждой переменной.

Продемонстрируем формирование существенных признаков видового понятия на примере понятия *управление качеством.* В цитированном определении этого понятия отсутствуют субъект и объект управления. Для начала определимся с ОбУ. Пусть им является продукция предприятия. Тогда субъектом управления качеством должно быть назначено одно из его подразделений. Целевые признаки *равновесие* и *развитие* ОбУ из общего определения управления применительно к качеству интерпретируются соответственно в *обеспечение* и *улучшение* качества объектов управления (продукции предприятия). Именно эти цели конкретизируют требования к качеству. *Управляющие воздействия* представимы совокупностью конкретных мероприятий, направленных на достижение поставленных целей.

Предлагаемый способ порождения видовых понятий обеспечивает системность и непротиворечивость их определений. Если принять определения всех базовых понятий ПрО за её аксиомы, то с помощью предложенных правил вывода видовых понятий итеративно можно определить все необходимые понятия ПрО.

Заключение

Любая предметная область характеризуется определённым видом деятельности (проектирование, производство, управление и пр.). Виды деятельности различаются своим назначением (целями) или, иначе, миссией субъекта деятельности. Следовательно, ключевым понятием любой ПрО является вид деятельности. В этой работе им является управление. Обобщённые цели управления определены на основе первого закона Ньютона о состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения физического тела в отсутствие воздействий.

Качество терминологии определяется образностью её терминов и связностью обозначаемых ими понятий. Предложено обобщённое определение понятия управление. В его основу положены четыре валентности глагола «управлять». Они образуют структуру на множестве существенных признаков понятия управление.

Структура, объединяющая существенные признаки определения, кладётся в основу неоднородной семантической сети. Сеть итеративно расширяется за счёт существенных признаков входящих в неё понятий. Существенные признаки родового понятия принимаются за лингвистические переменные. Путём их означивания терминами соответствующей предметной области формируются существенные признаки видовых понятий управления.

Предложенный подход обеспечивает полноту определений ключевых понятий ПрО и связи понятий родственных ПрО через обобщённое определение управления.

Благодарности

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке грантов РФФИ № 17-01-00139 и № 19-08-00989.

Список литературы

1. ГОСТ ISO 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования.

2. ГОСТ 17703-72: Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения.

3. ИСО 8402-94. Управление качеством и обеспечение качества. Словарь.

4. Кацнельсон, С.Д. К понятию типов валентности // Вопросы языкознания. 1973. № 3. – С. 20-32.

5. Кузнецова, В.Л., Раков, М.А. Самоорганизация в технических системах. – Киев: Наукова думка. 1987. – 197 с.

6. Микони, С.В. Формализованный подход к установлению связи и роли понятий. Труды XXI Международ-ной объединенной конференции «Интернет и современное общество, IMS-2018. СПб. 30.05-2.06.2018. Сборник научных статей. – СПб.: Университет ИТМО. 2018. – С. 77-86.

7. Микони, С.В. Формализация определений понятий как условие повышения качества содержательных моделей. Сборник докладов XX Международной конференции «Мягкие вычисления и измерения» SCM-2017. СПб. 24-26.05.2017. СПб.: СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 2017. – С. 19-22.

8. Сборник рекомендуемых терминов. Теория управления. Терминология. Вып. 107. М.: Наука, 1988. – 54 с.

9. Словарь русского языка. В 4-х т. РАН, Ин-т лингвистических исследований. Под ред. А. П. Евгеньевой. 4-е изд., стер. М.: Рус. яз. Полиграф. ресурсы. 1999.

10. Современный толковый словарь русского языка. Под редакцией С.А. Кузнецова. – М.: Ридерс Дайджест, 2004. – 960 с.

УДК: 316.334.3

Флейшман Бенцион,
д-р техн. наук, профессор

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

США. Общество по анализу рисков
bentsionfleishman.info

Аннотация. Приводятся новые результаты теории потенциальной эффективности (ТПЭ) о теплящихся *биообъектах* (сложных биологических системах в смысле ТПЭ [1] и касающиеся Гипотезы злотворного Малого Народа.

Ключевые слова: субъект, риск, средняя продолжительность жизни, долгосрочные модели демографии

Bentsion Fleishman,
Doctor of Technical Sciences, Professor

NEW RESULTS OF THE THEORY OF POTENTIAL EFFICIENCY

USA. Society for Risk Analysis
bentsionfleishman.info

Annotation. New results of the theory of potential efficiency (TPE) on warming bio-objects (complex biological systems in the sense of TPE [1] and concerning the hypotheses of the malicious people of the Small Folk are given.

Keywords: subject, risk, life expectancy, long-term demographic models.

1. **Математическим аппаратом ТПЭ** является теория вероятностей. Используется следующая терминология и символика теории множеств. Случайное событие (СС), коротко обозначается

$\Xi = (e_i, p_i)$, где $E = \{ e_i \}$ ($i \in I = \{1,2,..., N\}$)множество N элементарных, единственно возможных, несовместимых событий e_i, имеющих вероятности $P(e_i)=p_i$ (действительные функции), а

$\boldsymbol{p}=(p_i)$ ($\Sigma_{i \in I} p_i=1$) соответствующее распределение их вероятностей (РВ) . Событие

$E' \subseteq E$ - подмножество $E'=\{ e_j\}$ ($j \in I' \subseteq I$) $M < N$ элементов множества E имеет вероятность

$P(E') = \Sigma_{j \in I'} p_j$. Полагается $P(E)=1$ и $P(E') =1 - P(E')$, где E' дополнение E' к E. Классический вид вероятности получим при равновероятном РВ $\boldsymbol{p}=(1/N)$, когда $P(\boldsymbol{E}')= M/N$ (рациональная функция).

Если событиям e_i соответствуют величины x_i, то СС соответствует дискретная случайная величина (СВ), коротко обозначаемая $\boldsymbol{\xi} = (x_i, p_i)$, имеющая математическое ожидание (МО) вида МО $\boldsymbol{\xi}=\Sigma_{i \in I} p_i x_i$: .

Для непрерывной СВ РВ имеет вид плотности вероятности, а МО имеет соответствующее интегральное представление. Аксиоматика использует операции $\cup$ объединения и $\cap$ пересечения. Первая аксиома аддитивности имеем вид:

$$P(E_1 \cup E_2) = P(E_1) + P(E_2) - P(E_1 \cap E_2), \quad (1)$$

где E_1 и E_2 называются несовместимыми при $P(E_1 \cap E_2)=0$**,** отсюда имеем нижнее и верхнее неравенства *Буля*

$$1- P(E_1) - P(E_2) = P(E_1) + P(E_2) -1 < P(E_1 \cup E_2) < P(E_1) + P(E_2) \quad (1')$$

Вторая аксиома мультипликативнсти имеем вид:

$$P(E_1 \cap E_2)= P(E_1)\, P(E_2/ E_1), \quad (2)$$

где при $P(E_1) \neq 0$ присутствует т.н.условная вероятность

$$P(E_2/ E_1) = P(E_1 \cap E_2)/P(E_1) \text{ СС } E_2$$

при условии того, что СС E_1 имеет место.

При $P(E_2 / E_1) = P(E_2)$ имеем $P(E_1 \cap E_2)= P(E_1)\, P(E_2)$ и E_1 и E_2 называются независимыми между собой СС. Для n независимых между собой СС E_k ($i \in I = [1. 2..., n]$), используя математическую индукцию, получим

$$P(\boldsymbol{E} \cap_{i \in I} E_i) = \Pi_{i \in I} P(E_i) . \quad (2')$$

Вторая аксиома индуцирована классическим видом вероятности, когда $P(\boldsymbol{E}_1) = M/N$, $P(E_2 / E_1) = m/M$.откуда тождественно следует соотношение (2) $P(E_1 \cap E_2 = m/N = (M/N)(m//M)$. Соотношение (2) не всегда зачисляют в ранг второй аксиомы аксиоматики вместе с первой. Автор склонен к такому зачислению. Более того он склоняется к зачислению в ранг третей аксиомы псевдонезависимости, сужая этим традиционную теорию вероятностей, следующее соотношение [2, с. 238] **:**

$$P(E_1 \cup E_2)=[P(E_1) + P(E_2) - 2P(E_1)\, P(E_2)] / [1 - P(E_1)\, P(E_2)], \quad (3)$$

где E_1 и E_2 называются псевдонезависимыми СС [1]**.** Из нее для n псевдонезависимых СС $\boldsymbol{E}_k$ (i=1. ..., n), используя математическую индукцию получим [2, с. 236].

$$(P \cup_{i \in I} E_i) = \{1 - [\Sigma_{i \in I} (P(E_i)^{-1} - 1)^{-1})]^{-1}\}^{-1} . \quad (3')$$

Третяя аксиома индуцирована невозможностью гибели биосубъекта от двух причин $\boldsymbol{E}_1$ или E_2 ("дважды убиения") с вероятностями $P(E_1)$ и $P(E_2)$.

Действительно. Если бы оно было возможно, то при их независимости сумма вероятностей четырех возможных вариантов давала бы единицу

$$P(E_1)\,P(E_2)+P(E_1)\,[1-P(E_2)]+[1-P(E_1)]P(E_2)+[1-P(E_1)]\,[1-P(E_2)]=1.$$

Здесь надо исключить первое слагаемое - вероятность "дважды убиения".Тогда вероятность (3) и ее дополнение до единицы

$[1-P(E_1)]\,[1-P(E_2)]\,]\,/\,[1-P(E_1)P(E_2)]$ составят бинарное усеченное РВ.

Из определения МО ξ при $\xi>0$ и $x>0$ тривиально следует неравенство *Чебышева*

$$P(\xi > x) < \text{МО}\,\xi\,/\,x\,. \qquad (4)$$

Та же аксиоматика имеет место при логической интерпретации операций $\cup$ – "и" и $\cap$ – или".

2. ***Системы*** **состоят из** ***элементов*** **и имеют с*труктуру и поведение.*** По своему *поведению* системы делятся на простые (*объекты*) и сложные (*субъекты*), имеющие целенаправленный *выбор* альтернатив

Структура и тех и других состоит из одного и того же вещественно-энергетического с*убстрата* с его атрибутами-пространством и временем, но у объектов она с необновляемыми элементами, а у субъектов с обновляемыми. Субстрат для субъекта является полезным ресурсом,получаемым у *среды*. Цель системы формализуется (u, v) – обменом ресурса *среды* в количстве v, который она получает в обмен на свой ресурс в количстве v. Это лпределение позволяет в рамках.

ТПЭ рассматривать теории информации и игр как теории потенциальных поиехоустойчивости и упровляемости соответственно [1].

В ТПЭ динамика субъекта и его среды ведется в дискретном времени $t= n\,\Delta\,t$ ($n = 0,\ 1\ ,...,\ T/\Delta\,t$) с интервалом Δt дискретизации принятым равным единице $\Delta t =1$ и непрерывном времени с предельным переходом при $\Delta\,t<<1$.

Субъекты, рассматриваются в двух необратимых ((1) → (0)) состояниях: жизни (1) и смерти (0). Если число N его элементов со временем t растет по крайней мере как $N = C\ ln\ t$, то субъект бессмертен [1, стр. 26], а при конечном числе $N =C =const$ элементов заведомо смертен

На интервале времени [1, T] рассматривается динамика смертного субъекта A_{RA} при выделении двух его качеств : R- качества - выживания и A- качества -достижения своей цели в виде СС $\boldsymbol{E}_R$ и $\boldsymbol{E}_A$ соответственно. Вероятность $P= P\,(T)= P\,(\boldsymbol{E}_R \cap \boldsymbol{E}_A)$ их совмещения $\boldsymbol{E}_R \cap \boldsymbol{E}_A$, называется *эффективностью* субъекта A_{RA}.

Согласно первой аксиоме она имеет вид $P= P\,(T)= P_R\,(T)\,P_A\,(T)$, где вероятность $P_R\,(T)=P\,(\boldsymbol{E}_R)$ называется *надежностью*, а вероятность $P_A\,(T)=P\,(\boldsymbol{E}_A\,/\,\boldsymbol{E}_R)$- *активностью* субъекта .Из интуитивных соображений очевидно , что с ростом T надежность субъекта падает, а активно-

стью возрастает, поэтому его эффективностью может иметь максимум $P_{max} = max_T P(T) = P(T_{opt})$. Пусть существует для широкого класса $\boldsymbol{A}_{RA}$ субъектов $A_{RA} \in \boldsymbol{A}_{RA}$ равномерно по T *потенциальные* (максимальные) надежность $\boldsymbol{P}_R(T) > P_R(T)$ и активность $\boldsymbol{P}_A(T)) > P_A(T)$.

Тогда тем же свойством будет обладать соответствующая *потенциальнаяэффективность*

$P = \boldsymbol{P}(T) = \boldsymbol{P}_R(T)\,\boldsymbol{P}_A(T) > P(T) = P_R(T)\,P_A(T)$ субъектов A_{RA} класса $\boldsymbol{A}_{RA}$, имеющая свой максимум $\boldsymbol{P}_{max} = max_T \boldsymbol{P}(T) = \boldsymbol{P}(\boldsymbol{T}_{opt})$.

3. Субъекты делятся на нами созданные технические *техсубъекты* и не нами созданные биологические *биосубъекты* .

Перейдем к решению ТПЭ проблемы осуществимости целей техсубъектов. Задается пара (P_0,T_0) практически приемлемых значений достаточно близкой к 1 вероятности P_0 осуществления цели и T_0 - приемлемого времени ее осуществления. Компоненты пары (P_0,T_0) называются порогами осуществимости. Цель техсубъекта. считается (P_0, T_0)-*осуществимой***,** если для его эффективности $P = P(T)$ одновременно выполняются два соотношения

$$P(T) > P_0 \text{ и } T < T_0 \qquad a)$$

и (P_0, T_0)-*неосуществимой***,** если не выполняется хотя бы одно из них.(5)

$$\boldsymbol{P}(T) > P_0 \text{ и } T < T_0 \qquad b)$$

для его потенциальной эффективности $P = \boldsymbol{P}(T)$.

Для (P_0, T_0)- осуществимости цели достаточно иметь

$$(\boldsymbol{P}_{max}, \boldsymbol{T}_{opt}) = (P_0, T_0)$$ [3, Доп. II].

Понятие (P_0, T_0)- осуществимости имеет для ТПЭ важное методологическое значение , не позволяя причислить ТПЭ к разделу математики, так как от моделей ТПЭ, в отличие от математических моделей, кроме логической строгости, требуется еще и их (P_0, T_0)-осуществимость. Немаловажно и прикладное значение этого понятия прежде всего для предотвращения проектов техсубъектов с неосуществим быстродействием V *операций/сек*. На основе трех фундаментальных физических констант c, G и $\hbar$ получена константа *Бреммермана-Горелика* $B = 10^{43}$ *операций/сек* [4], устанавливающая предел $V < B$ быстродействия, выше которого оно не может быть в нашем мире. Пределы (P_0, T_0)-осуществимости, устанавливаемые соотношением (5 b), приводят к предельным константам B' ($V < B'$) на много порядков меньшим $B' << B$ чем константа B [1, с.79 и с. 106].

СС $\boldsymbol{E}_R$ и $\boldsymbol{E}_A$ имеют выражение через СВ τ_R и τ_A с МО $\tau_R = T_R$ и МО $\tau_A = T_A$ вида $\boldsymbol{E}_R = (\tau_R > T)$ и $\boldsymbol{E}_A = (\tau_A < T)$, где СС τ_R соответствует моменту гибели субъекта, а СС τ_A - моменту достижения субъектом своей цели.

Если субъект на каждом t-м единичному интервале (t=1, ... ,T). либо гибнет с вероятностью $P(E_t)=R_. = const$ (*риск* гибели), либо выживает с вероятностью $P(E_t)=1-R$ и эти СС независимы между собой, то его надежность на интервале [0, T] является СС $\boldsymbol{E}_R = \cap_{t\in[1,\dots,T]} E_t$ и согласно соотношения (2 ') примет вид $P(\boldsymbol{E}_R) = (1-R)^T = e^{T\ln(1-R)}$, РВ СВ τ_R имеет вид $P(\tau_R=t) = (1-R)^{t-1} R$ (t=1,2,...) с МО $T_R = 1/R$.

В асимптотическом при $R \ll 1$ и $T \gg 1$ случае имеем

$P(\boldsymbol{E}_R) \approx e^{-T R} \approx e^{-T/T_R}$ и $T_R = 1/R$, т.е. СВ τ_R имеет экспоненциальное РВ, Пусть СВ τ_A также имеет экспоненциальное РВ. Тогда при $R \ll 1$ и $T \gg 1$ экспоненциальные надежность и активность субъекта соответственно имеют вид

$$P=P_R(T)=P(\tau_R < T)\approx e^{-T/T_R} \text{ и } P= P_A(T)=P(\tau_A < T) =1- e^{-T/T_A}, \ a)$$

а его эффективность также экспоненциального вида

$$P= P(T)= P_R(T)\, P_A(T)\approx e^{-T/T_R}(1-e^{-T T_A}) \qquad b)$$

с максимумом P_{max} по T [1 соотношения (7.12, 7.13)]

$$P= P(T) \approx < P_{max}= max_T P(T) = P(T_{opt}) \qquad c) \quad (6)$$

где $$P_{max}\approx 1-(\ln f)/f,\ T_{opt}\approx T_R\ (\ln f)/f \qquad d)$$

с безразмерным параметром $f \approx T_R\ T_A = T_A/R \gg 1$ [3, Доп.II] и важным соотношением $$\text{МО } \tau_R = T_R \approx 1/R \qquad e)$$

для средней продолжительности жизни (СПЖ) субъекта.

4. Далее биосубъекты рассматривается в трех состояниях, когда к прежним добавляется промежуточное между ними "теплящееся" состояние (?) ((1) ⟷ (?) → (0)) и состояния (1) и (?) обратимы. Если биосубъект застается в состоянии (1), то возможен лишь один его переход (1) → (?) и формально можно свести рассмотрения к случаю

((1) → (0)). Поэтому рассматривается случай, когда биосубъект застается в состоянии (?) и возможны два перехода ((1) ← (?) → (0)) в зависимости от *комфортности* или *дискомфортности* среда его обитания. Теплящееся состояние биосубъектов в большей или меньшей степени наблюдается на всех уровнях биосферы клетках, особях и популяциях .

Для биосубъекта вводятся аналогичные субъекту СС и СВ

$\boldsymbol{E}_R^b = (\tau_R^b > T)$, $\boldsymbol{E}_A^b = (\tau_A^b < T)$ и $\boldsymbol{E}_R^b = (\tau_R^b < T)$ и $\boldsymbol{E}_A^b = (\tau_A^b > T)$ с вероятностями $P(\boldsymbol{E}_R^b)= P(\tau_R^b < T)$ и $P(\boldsymbol{E}_A^b)=P(\tau_A^b > T)$ и МО $\tau_A^b = T_A^b$.

Определим на интервале времени [1, T] эффективность $P=P_b(T)$ биосубъекта как вероятность $P= P_b(T)= P(\boldsymbol{E}_R^b \cup \boldsymbol{E}_A^b)$ появления СС

$\boldsymbol{E}_R^b$ или $\boldsymbol{E}_A^b$. Тогда имеем при $R_b \ll 1$ ее нижнюю оценку

$$P_b(T) > P_b(T) \approx 1- T R_b - T_A^b/T \qquad a)$$

с максимумом [5, соотношение (П. 6.5)]

$$P_{b\,max} \text{ по } T,\ P= P_b(T) \approx < P_{max}= max_T P_b(T) = P_b(T_{b\,opt}), \qquad b)$$

где (7)

$P_{b\,max} \approx 1 - 2/f_b^{1/2}$, $T_{b\,opt} \approx T_A{}^b f_b^{1/2}$ *c*)

с безразмерным *параметром эффективности*

$f_b = 1 / R_b T_A{}^b >> 1.$ *d*)

Действительно. Из нижней оценки *Буля* (1') при

$E_1 = \boldsymbol{E}_R{}^b$ и $E_2 = \boldsymbol{E}_A{}^b$ имеем $P = P_b(T) = P(\boldsymbol{E}_R{}^b \cup \boldsymbol{E}_A{}^b) >$

$> 1 - P(\boldsymbol{E}_R{}^b) - P(\boldsymbol{E}_A{}^b) = 1 - P(\boldsymbol{E}_R{}^b) - P(\tau_A{}^b > T) > 1 - P(\boldsymbol{E}_R{}^b) - T_A{}^b/T,$

так как согласно соотношения (4) при $\xi = \tau_A{}^b$,$x = T$ и МО $\xi = T_A{}^b$ имеем

$P(\tau_A{}^b > T) < T_A{}^b/T.$

Асимптотическая оценка вероятности $P(\boldsymbol{E}_R{}^b)$ проводится при той же динамике, что и у объекта. При ней на *t*-м единичном интервале биообъект либо гибнет с вероятностью $P(E_t{}^b) = R_b = const$ (риск гибели), либо выживает с вероятностью $P(E_t{}^b) = 1 - R_b$ (t=1, ... ,T). Тогда имеем СС $\boldsymbol{E}_R = \cup_{t=1,\,\ldots\,,T} E_t{}^b$ гибели биообъекта на интервале времени [1, T] и согласно соотношения (3') при $R_b << 1$ имеем

$P(\boldsymbol{E}_R) = P(\cup_{t=[1,\,T]} E_t{}^b) = \{1 - [T(R_b{}^{-1} - 1)^{-1}]\}^{-1} =$

$= [T R_b/(1 - R_b)] / [1 + T R_b/(1 - R_b)] < T R_b/(1 - R_b) \approx T R_b.$

Итак, $P(\boldsymbol{E}_R) <\approx T R_b$ и $P = P_b(T) > P_b(T) \approx 1 - T R_b - T_A{}^b/T,$ что завершает вывод нижней оценки (6 *a*). Ее максимум $P_{b\,max} = max_T P_b(T)$ по T $P = P(T)$ получим, приравняв нулю производную $P_b'(T) = 0$, что приводит к соотношениям (7 *b* и *c*).

Компоненты безразмерных параметров $f_b = 1 / R_b T_A{}^b$ и $f = T_R T_A = T_A / R$ ведут себя по-разному. У параметра f_b компоненты R_b и $T_A{}^b$ однонаправлены и он растет вместе с их падением, поэтому он назван параметром эффективности биосубъека. У параметра f компоненты R_b и $T_A{}^b$ разнонаправлены и он введен лишь для компактности выражения (6 *c*).

5. В отличие от создаваемых нами техсубъектов проблема осуществимости для не нами созланных биосбъектов не имеет смысла, так как они существуют, нарушая предельную константу *B* [5, Прил 6.7.3]. Здесь возникает новая телеологическая проблема. Цели техсубъектов назначаются нами, но цели не нами созланных биосбъектов нам неизвестны.

В ТПЭ решение этой проблемы связано с правилом "бритвы *Óккамы*" и основанно на понятие *эквиоккамовских* (ЭО) Гипотез (*Уи́льям Óккам* – английский философ 13-го в.).

Две концептуальные модели или умозрительные *Гипотезы* H_1 и H_2 называются ЭО, если для объяснения одного и того же явления Природы они используют одно и то же, по возможности минимальное, число понятий и допущений. Случай лвух ЭО Гипотез легко распространяется на $n > 2$ Гипотез.

Пусть выдвигаются n ЭО Гипотез H_m (m=1,...,n) о поведении биосубъекта для достижения им n различных интуитивно правдоподобных целей G_m (m = 1,...,n) . На их основании строится n математических моделей $M_m = M\,(G_m)$, *верифицируемых* с биосубъектом. Та из моделей $M_{m\,o} = M\,(G_{m\,o})$, которая наиболее адекватна биосубъекту считается наиболее правдоподобной вместе с Гипотезой $H_{m\,o}$ и, в качестве "бесплатного приложения" считается наиболее правддоподной цель $G_{m\,o}$ биосубъекта (такого рода моделей с соответствующими им Гипотезами и целями может быть несколько).

Указанный алгоритм называется в ТПЭ *объективной телеологией* и повсеместно используется в ней [2, с. 27; с. 5, Прил. 6.2.2; 6].

В следующем пункте он использован для двух ЭО гипотез.

6. Существует много разнообразных Гипотез о "двигателях" Истории Человечества: религиозных, экономических, этнических и др. При этом нельзя обойти факта постоянной вражды отдельных зтнсов, которую некоторые ученые считают просто наследием постоянной "борьбы за существование" животных предков.

Принимая этот факт как некоторую данность, *Л.Н. Гумилев* в традиции русского космизма выдвинул Гипотезу истории Человечества, как этногенеза [8], По *Л.Н. Гумилеву* малая пассионарнарная часть этноса (Малый Народ) численности *M малонародецев,* составляющая малую долю $p = M/N << 1$ этноса численности *N,* оказывает сильное влияние на большую непассионарнарную части этноса (Большой Народ) численности $N - M$. Первая фаза влияния – "свой-чужой", состоит в консолидации большенародецев в их противостоянии чужим этносам и вторая (основная) – сильная безжалостная экспансия вплоть до геноцида "чужаков".

Гипотеза *Л.Н. Гумилева* симметрична, В ней в каком-то из этносов формируется Малый Народ, этнос мужает, начинает доминировать среди других этносов, стареет, гибнет и уступает в той же роли другому этносу, что и составляет длящийся по сей день этнический период Истории Человечества. Далее будем говорить,что Малый и Большой Народы составляют некоторую *Популяцию индивидуумов.*

Существенную несимметрию в симметричную Гипотезу *Л.Н. Гумилева* внесли *Арье Каплан* [9] и *И.Р. Шафаревич* [10]. У них один Малый Народ влияет на один Большой Народ, включающий все другие враждующие между собой этносы Человечества с той лишь разницей, что у первого это влиянине **благотворно** , а у второго – **злотворно.**

В рационалистической традиции еврейской Кабалы *Арье Каплана* выдвинул Гипотезу **I** "лазутчиков" [9]. По *Арье Каплану* в некоторый момент t времени, далее принятый за начальный (t=0) (см. рис. 1) "среди враждующих между собой туземцев некоторого острова (Большой Народ) тайно появляются некоторые лазутчики" (Малый Народ).

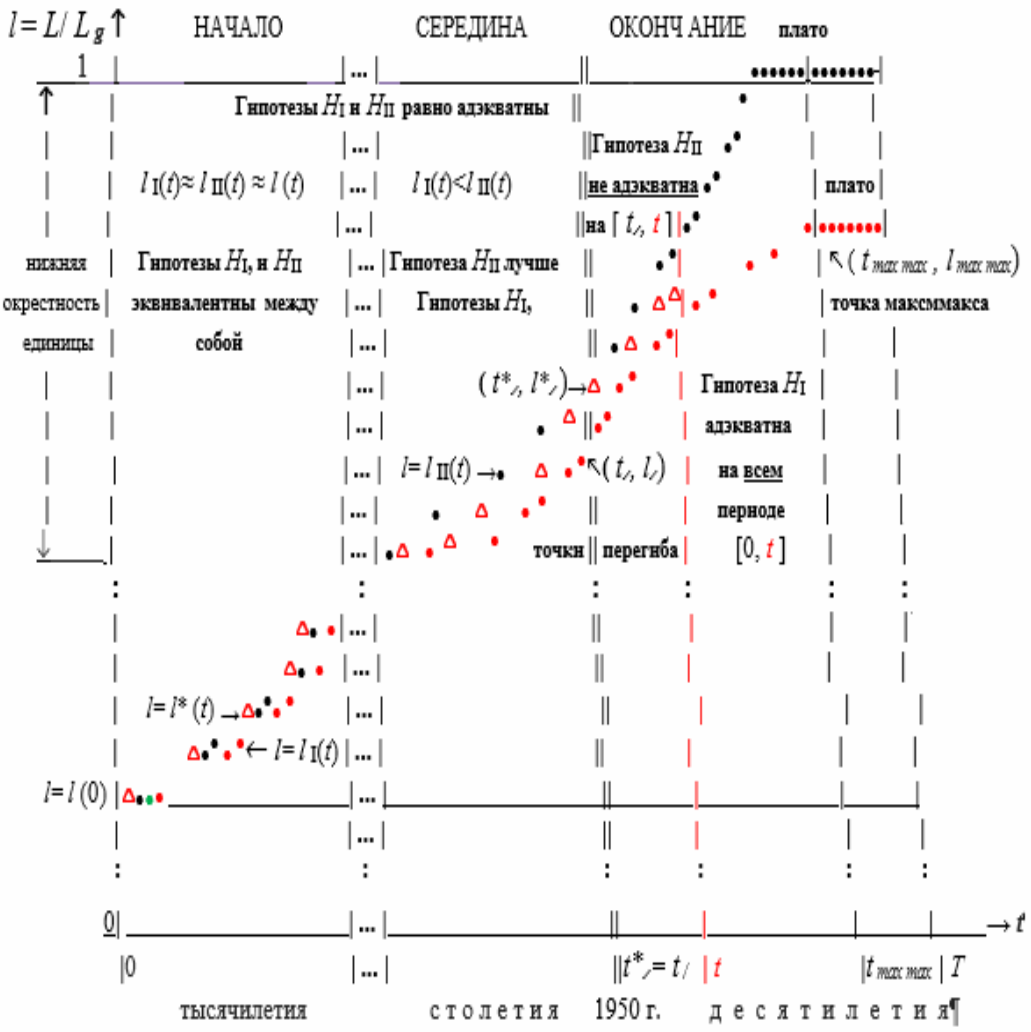


Рис. 1. Результат верификации трендов СПЖ-функций. Кривые $l=l_I(t)$ (●●●) и $l=l_{II}(t)$ (●●●) верифицируются с кривой $l=l^*(t)$ тренда СПЖ-функции Человечества,

Гипотеза H_I (адекватна на всем периоде [0, t]) правдоподобней Гипотезы H_{II} (неадекватна на периоде $[t_/, t]$), где t текущий момент времени, а L_g верхний предел СПЖ человека.

В рамках теории "властного, но затаенного Малого Народа" французского историка начала 20 в. *Огюстена Кошена*.

И.Р..Шафаревич выдвинул Гипотезу **II** Малого Народа [9], определенно враждебного Большому. Для подтверждения своего тезиса он привлекает как христианские толкования канонических библийских текстов, так и неканонических, четко об этом указывая.

При этом его особо заботит трагическая судьба России 20-го века.

7. Существует много разнообразных многопараметрических Гипотез и математических моделей гуманизации с набором разнообразных показателей гуманизации, таких, как ВВП и др. На основе Гипотезы I *Арье Каплана* была построена простая малопараметрическая вероятностная, рисковая модель гуманизации [5, Прил. 2]. Использовался

малый параметр доли p << 1 малонародцев среди индивидуумов Популяции. к которому добавляются новый малый параметр c влияния Малого Народа на большенародца (см. соотношение (10 c)). и параметр y личной терпимости большенародца к малонародцу (см. соотношение (9 c)).

Основное значение имеет выбор в качестве показателя гуманизации (целевого функционала) величины L средней продолжительности (СПЖ) индивидуума, который выражается через риск R гибели индивидуума соотношением

$$L \approx 1 / R . \qquad (6, e')$$

Это соотношение следует из соотношения (5,d) $R \approx 1 / T_R$ для биообъектов, если сохранить обозначения для рисков и вместо символа T_R использовать символ L. Тогда требование гуманизации сводится к максимизации $L \rightarrow Max$ единственного показателя СПЖ L (эквивалентно $R \rightarrow Min$). Модель использует следующие соотношения.

Вводятся условные вероятности риска малонародца $\boldsymbol{R}$ и большенародца R, через которые по формуле полной вероятности выражается риск R индивидуума

$$R = p\,\boldsymbol{R} + (1-p)\,R . \qquad (8\,a)$$

Соответствующие СПЖ $\boldsymbol{L} \approx 1 / \boldsymbol{R}$ и $\boldsymbol{L} \approx 1/ R$ рассматриваются, как монотонно растущие с ростом жизненно важного потребляемого расурса K функции $\boldsymbol{L} = F(K')$ и $\boldsymbol{L} = F(K'')$. Рассмотрения ведутся в условиях ограниченности конкурентно потребляемых расурсов, когда имеет место соотношение $K' + K'' = K = const$, эквивалентное соотношению $F^{-1}(\boldsymbol{L}) + F^{-1}(\boldsymbol{L}) = K = const$. При этом рассматривается предельно простая линеаризация функции $Y = F^{-1}(X) = X$, когда последнее соотношение приобретает вид $\boldsymbol{L} + \boldsymbol{L} = K = const$, эквивалентный соотношению

$$1 / \boldsymbol{R} + 1 / R \approx 2 / H = const, \qquad (8\,b)$$

где $H = 2 / K = const$ среднее гармоническое рисков $\boldsymbol{R}$ и R.

Слабое влияние малонародцев на большенародца описывается близкой к единице положительной функцией $f = f(p) \approx 1$, называемой $f(p)$-влиянием. В результате имеем соотношение

$$R \approx R\,f(p). \qquad (8\,c)$$

Покажем, что при трех выше указанных соотношениях целевая функция

$$R \approx (H/2)\, r\ (p, y) , \qquad a)$$

оказывается пропорциональной безразмерной функции двух переменных p и y

$$r = r(p, y) = (1 + y)\,[p / y + (1-p)\,f(p)] \qquad b)\ (9)$$

называемой риск-функцией, где безразмерное переменное y является отношением

$$y = R / \boldsymbol{R} < 1 \qquad c)$$

называемым y-терпимостью большенародца к малонародцу .

Действительно. С учетом соотношения (8 *c*) имеем приближенное выражение риска

$R = p\,\boldsymbol{R} + (1-p)\,R \approx p\,\boldsymbol{R} + (1-p)\,R\,f(p)$

С учетом соотношения (8 *b*) получим два тождества

$\boldsymbol{R} = (H/2)(1+\boldsymbol{R}/R) = (H/2)(1+1/y)$ и

$R = (H/2)(1+R/\boldsymbol{R}) = (H/2)(1+y)$. Подставив их в соотношения (8 *a*), получим выражение риска

$R \approx (H/2)(1+y)[p/y + 1 - p)\,f(p)]$, что соответствует соотношению (9 *a*).

Соотношение (8 *b*), было получено в работе [5, соотношение (П. 2.5) *b*] из соотношения" улучшение-стоймость" теории оптимального управления риском для минимизации затрат на природоохранные мероприятия [7].

Здесь удалось получить его, избежав дополнитедьные допущения. Приступим к минимизации риска *R* по переменному *y*.

Прямая пропорциональность величины $R \approx (H/2)r(p, y)$, величине $r = r(p, y)$ (см. соотношение (8 *a*)) сводит минимизацию величины

$R \to Min$ к минимизации величины $r \to Min$, представленной выражением (8 *b*). Проведем такого рода минимизацию по аргументу *y* (*y* – терпимости).

Имеем минимум выражения (9 *b*) риск-функции $r = r(p, y_{min})$

$$r_{min} = r(p, y_{min}) = min_y\, r(p, y) = \{ p^{1/2} + [(1-p)\,f(p)]^{1/2} \}^2, \quad a)$$

при оптимальном значении

$$y = y_{min} = [p/(1-p)\,f(p)]^{1/2} \quad b)$$

Окончательная определенность достигатся линейной параметризацией $f(p)$-влияния

$$f = f_c(p) = 1 + c\,ln(1/p) \approx, p^{-c} \quad c)$$

по малому параметру *c* ($|c| << 1$), приводящей выражение (9 *b*) к выражению

$$r = r_c(p, y) = (1+y)[1 + p/y + c\,ln(1/p)], \quad d)$$

имеющему минимум по *y* при $y = y_{min} \approx p^{1/2}$ в верхней окрестности единицы (10)

$$r_{min\,y} = r_c(p, y_{min\,y}) \approx r_c(p) = 1 + 2\,p^{1/2} + c\,ln(1/p). \quad e)$$

При $c>0$ риск-функция $r = r_c(p)$ имеет по *p* минимум

$r_{min\,y\,mip\,p} = r_c(p_{min\,y\,min\,p}) \approx 1 + 2\,c + 2c\,ln(1/c) \approx 1 + 2c\,ln(1/c)$ при

$$p = p_{min\,y\,min\,p} \approx c^2 \quad f)$$

и **точку перегиба**

$r_{min\,y\nearrow} = (p_{min\,y\nearrow}) \approx 1 + 4\,c + 2c\,ln(1/2)c =$

$= r_{min\,y\,mip\,p} + 2(1-ln2) \approx r_{min\,y\,mip\,p} + 0.6\,c$, при

$$p = p_{min\,y\nearrow} \approx 4\,c^2. \quad g)$$

При $c < 0$ риск-функция $r = r_c(p)$ монотонно возрастает с ростом *p*

$$r_{-|c|} = (p) = 1 + 2\,p^{1/2} - |c|\,ln(1/p). \quad h)$$

При $p >> p_{min\,y\nearrow} = 4\,c^2$, оставаясь в верхней окрестности 1-цы,

риск-функция

$$r = r_c(p) \approx r(p) \approx 1 + 2p^{1/2} \qquad i)$$

асимптотически вырождается в риск-функцию $r = r(p)$, не зависяшую от от параметра с !

Минимизация значений риск-функций $r = r(p, y)$ и $r = r_c(p, y)$ элементарно..Например, приравнивая к нулю частную производную $r(p, y)'_y = 0$ по y, имеем $r(p, y)'_y = -p/y^2 + (1-p) f(p)$.

Откуда $y_{min} = [p/(1-p) f(p)]^{1/2}$, что сразу приводит к основным соотношениям (10 *b* и *c*). Здесь минимизации $r_{min\ y\ min\ p}$ проводился по переменным сначала по *y,* а потом по *p*.

Легко показать, что при обратном порядке минимизация будут получены те же результаты $r_{min\ p\ min\ p} \approx r_{min\ y\ min\ p}$ (инвариантность минимина),аналогично теореме минимакса в теории игр *Дж. фон Неймана*. Далее дважды минимизировнные величины риск-функции и риска имеют записи $r_{min\ \ min}$ и $R_{min\ min}$ соответственно.

Для $y = 1$ риск-функция $r = r_c(p, y)$ принимает вид

$$r_c(p, 1) = r_{c\,1}(p) = 2[1 + p + c\ ln(1/p)] \qquad a)$$

с минимумом по p при $p = p_{min\ 1} \approx c$ в верхней окрестности 2-ки

$$r_{min\ \ 1} = min_p\, r_{c1}(p) = r_c(p_{\ min1}) = 2[1 + c + c\ ln(1/c)] \approx \qquad (12)$$

$$\approx 2[1 + c\ ln(1/c)] \qquad b)$$

монотонно возрастая с ростом p без точки перегиба оставаясь в верхней окрестности 2-ки.

При $p = 0$ риск-функции $r = r_c(p)$, $r = r_{-|c|}(p)$ и $r = r_{c1}(p)$ имеют значения $r = \infty$, $-\infty$ и 0 соответственно. Поэтому для сохранения их смысла далее полагаем

$$r = \begin{cases} r_c(p) = const & 0 < p < r_{min\ \ min} \approx c^2 \qquad c) \\ r_{-|c|} = (p) = 0 = const \text{ при } & 0 < p < p_0, \text{ где } p_0 = r_{-|c|}^{-1}(0) \qquad b) \\ r_{c1}(p) = const & 0 < p < r_{min\ 1} \approx c \qquad a) \end{cases} \qquad (13)$$

Сопоставление поведения риск-функции $r = r_c(p)$ с ростом параметра p в верхней окрестности 1-цы при $c > 0$ с точкой перегиба (соотношения (10 *f* и *g*)) и при $c < 0$ без нее (соотношение (10 *h*)) указывет на их качественное отличие, что имеет основное значение для дальнейших рассмотрений,

При этом с учетом малости параметра $c << 1$ здесь фигурируют величины даже еще меньших порядков малости. Так разности значений $p_{min\ /} - p_{min\ \ min} \approx 3c^2$ и соответствующих им значений

$$r_{min\ /} - r_{min\ min} \approx 0.6\, c.$$

Соотношения (10 *f*) и (12) впервые были получены в работе

[5, соотношения (П.2.11)]. Там же было замечено существенное различие :$p_{min1} - p_{min\ \ min} \approx c - c^2 \approx c$ (на порядки) и $r_{min1} / r_{min\ min} \approx$ $\approx \{2[1 + c\ ln(1/c)]\} / [1 + 2c\ ln(1/c)] \approx 2$ (в 2-а раза), особо впечатляющее при переходе от отношения рисков к обратному отношению СПЖ

$$r_{min\ \ 1} / r_{min\ y\ min\ p} \approx R_{min\ \ 1} / R_{min\ y\ min\ p} \approx L_{max\ y\ max\ p} / L_{max\ 1} \approx 2 \text{ или}$$

$L_{max\ 1} \approx (1/2)\, L_{max\ y\ max\ p}$ и при $L_{max\ y\ max\ p} \approx 100$ *лет* имеем всего

$L_{max\ n\ 1} \approx 50$ *лет* [5, Табл.П.2]. что явилось первоначальным поводом дальнейших рассмотрений этой работы. Однако, там не было еще обращено внимание на существование точки перегиба у

риск-функции $r = r_c(p)$ при $c > 0$ (соотношения (10 *g*)) и ее отсутствия при $c < 0$ (соотношения (10 *h*), являющихся основными для настоящей работы.

Демографические представления о гибели Малого Народа и Популяции связаны с требыванием пребывания соответствующих численностей *M, N* и СПЖ *L* в определенных допустимых нижнего и верхннего (во избежания коллапса) пределах $M_s < M < M_g$, $N_s < N < N_g$, $L_s < L < L_g$, с учетом соотношения (5 *d* ′) и $R_s = 1/L_g$ и $R_g = 1/L_s$.имеем $R_s < R < R_g$

При этом имеет место новая нормировка риск-функции вида

$$R \approx R_s\, r\ (p, y\ ), \qquad (14)$$

Действительно. Из соотношений (9 *a*) и (10 *f*) имеем

$R_{min\ min} = (H/2) r_{min\ min} \approx (H/2)1 = H/2$, т .е. $R_{min\ min} \approx H/2$. .

Но величина $R_{min\ min} = R_s$ совпадает с величиной R_s минимально допустимого значения R_s того же риска *R*,. Таким образом имеем

$R_s = R_{min\ min} \approx H/2$, т.е. $H/2 \approx R_s$. Подставив это значение в соотношение (9 *a*), получим соотношение (14)□.

Имеем также $R_s < R < \boldsymbol{R} < R_g$ и $R_s < R < y = R/\boldsymbol{R} < 1$.

Для дальнейших рассмотрений важен переход от риск-функции

$r = r\ (p, y\ )$ в *верхней* окрестности единицы к соответствующей

СПЖ-функции $l = l\ (p, y\ ) = 1/r\ \ (p, y\ )$ в нижней ней окрестности единицы (см. рис. 1). Для нее имеем соотношения, следующие из соотношений (10 *f* – *i*) .

При $c > 0$ СПЖ:-функция $l = l_c\ (p\ ) \approx 1\text{-}2\ p^{1/2} - c\ ln(1/p)$ (модель **I**) имеет по p максимум

$l_{max\ max} = l_c\ (p_{max\ max}) \approx 1 - 2c - 2c\ ln(1/c) \approx 1 - 2c\ ln(1/c)$

при $p = p_{max\ max} \approx c^2$ *a*)

и точку перегиба

$l_{max\ /} = (p_{max\ /}) \approx 1 - 4c - 2c\ ln(1/2)c = l_{max\ max\ p} - 2(1 - ln2)\, c \approx l_{max\ max} - 0.6\, c$

при $p_{max\ /} \approx 4c^2$. *b*)

При $c < 0$ СПЖ – функция $l = l_c\ (p\ )$ (модель **II**) монотонно убывает с ростом p

$l_{-|c|} = (p\ ) = 1 - 2\, p^{1/2} + |c|\ ln(1/p)$. *c*)

При $p >> p_{min\ y/} = 4c^2$, оставаясь в нижней окрестности 1-цы,

СПЖ -функция (15)

$l = l_c\ (p\ ) \approx l\ (p\ ) \approx 1\text{-}2\ p^{1/2}$ *d*)

асимптотически вырождается в СПЖ-функцию $l = l\ (p\ )$, а соотношения ((13 *a* и *b*)) в $\lceil l_c\ (p\ ) = const \lceil 0 < p < r_{min\ min} \approx c^2$ соотношения *l* {при { *e*) $\lfloor l_{-|c|} = (p\ ) = 0 = const \lfloor 0 < p < p_0$,

где $p_0 = r_{-|c|}^{-1}(0)$ $f)$

8. Оценка правдоподобности ЭО Гиплтез I и II. Очевидно, что Гиплтезы ЭО , т.к. они используют одно и то же число понятий и допущению , как и соответствующие им модели **I** и **II** с

СПЖ:-функциями $l = l_c(p)$ и $l = l_{-|c|} = (p)$**,** разнящимися лишь знаками параметра *c*-влияния. Модели требуют проверки (верификации) их на адекватность с имеющимся глобальным трендом СПЖ

$L^* = L^*(t) = L_g\, l(t)$ человека в годах (см. рис. 1). Для этого необходимо придать соотношениям (15) динамический характер, сделав аргумент p СПЖ:-функции $l = l_c(p)$ зависящим $p = g(t)$ от времени *t.*

Для выяснения характера функции $p = g(t)$ заметим, что

по-прежнему имеем $p = g(t) = M(t) / N(t) << 1$ ($M(t) << N(t)$) с трендами численностей $M = M(t)$ малонародцев и $N = N(t)$ большенародцев. Покажем, что если тот и другой

1) не убывают во времени t ($M'(t) > 0$ и $N'(t) > 0$) и

2) первый возрастает медленнее второго ($M'(t) < N'(t) > 0$), то функции $p = g(t)$ не возростает во времени t .т.е.

$$g'(t) < 0 \ . \qquad (16)$$

Для этого с учетом предыдущих соотношений рассмотрим производную $g'(t) = [M(t) / N(t)]'$..Имеем

$g'(t) = [M'(t) N(t) - M(t) N'(t)] / N(t)^2 <$

$< [M'(t) N(t) - N(t) / N' N(t)] / N(t)^2 = [M'(t) - N'] / N(t) < 0,$

т.е. $g'(t) < 0$. При этом функция $t = g^{-1}(p)$, обратная функции

$p = g(t)$, так же монотонно убывает с ростом p $(g^{-1}(p))' < 0$.

Теперь можно проследить динамику кривых

$l = l_c(g(t)) \approx 1 - 2\, g(t)^{1/2} - c\, ln(1/ g(t))$ и

$l = l_{-|c|}(g(t)) \approx 1 - 2\, g(t)^{1/2} + |c|\, ln(1/ g(t))$, для которых введем обозначения $l = l_c(g(t)) = l_{\mathrm{I}}(t)$ и $l_{\mathrm{I}} = l_{-c}(g(t)) = l_{\mathrm{II}}(t)$, обозначая

$t_{max\,/} = g^{-1}(p_{max\,/})$ и $t_{max\,max} = g^{-1}(p_{max\,max})$ $(t_{max\,/} < t_{max\,max})$

(см. рис .1.).

Кроме того , в динамике на интервале $[0, T]$ времени t , включающем $l_{max\,max}$, соотношения (15) перейдут в следующие соотношения.

При $c > 0$ СПЖ:-функция $l = l_{\mathrm{I}}(t) \approx 1 - 2\, g(t)^{1/2} - c\, ln(1/ g(t))$ имеет по t максимум и точку минимина $(t_{max\,max}, l_{max\,max})$

$l_{max\,max} = l_{\mathrm{I}}(t_{max\,max}) \approx 1 - 2c - 2c\, ln(1/ c) \approx 1 - 2c\, ln(1/c)$

при $t = t_{max\,max} \approx g^{-1}(c^2)$, $a)$

а также точку перегиба $(t_{/}, l_{/})$

$l_{/} = l_{\mathrm{I}}(t_{max\,/}) \approx 1 - 4c - cln(1/2)c = l_{max\,max\,p} - 2(1 - ln2)\, c \approx l_{max\,max\,\mathrm{I}} - 0.6\, c$,

при $t = t_{/} \approx g^{-1}(4c^2)$. $b)$

При $c < 0$ СПЖ -функция $l = l_{\mathrm{II}}(t)$ монотонно возрастает с ростом t $l_{\mathrm{II}} = (t) = 1 - 2\, g(t)^{1/2} + |c|\, ln(1/ g(t))$. $c)$

При $t >> p_{min\,y/} = 4c^2$, оставаясь в нижней окрестности 1-цы,

СПЖ -функции (17)

$l = l_{I}(t) \approx l_{II}(t) \approx l(t) = 1 - 2\,g\,(t)^{1/2}$ *d)*

асимптотически вырождается в СПЖ-функцию $l = l(t)$, а соотношения ((13 *a* и *b*)) в соотношения

$l = l_{I}(t) = l_{max\,max} = const$ при $t_{max\,max} < t < T$ (плато) *e)*

$l = l_{II}(t) = 1 = const$ при $0 < t < t_1$, где $t_1 = l_{II}^{-1}(1)$ (плато) *f)*

Заметим, что формально можно ввести третью нейтральную Гипотезу отсутствия влияния Малого Народа на Большой, когда $c = 0$ и СПЖ-функция имеет вид $l = l_0(g(t)) = 1 - 2\,g\,(t)^{1/2} = l(t)$. Поскольку последняя качественно не отличается от СПЖ-функции $l = l_{II}(t)$, далее она отдельно не рассматривается.

9. Предстоящая верификация состоит в сопоставлении кривых СПЖ-функции $l = l_{I}(t)$ и $l = l_{II}(t)$ с кривой $l = l^*(t)$ Популяции представленной Человечеством. Здесь не может быть и речи о поточечной верификации Давно уже пора смириться с тем, что поразительная численная точность Законов объектов неживой Природы, принципиально недостижима для Законов биосубъектов и вовсе не из-за наших временных "недоделок" будущей точной теории..Более того, в отличие от верификации с массовыми объектами, здесь проводится верификации с уникальным субъектом-Человечеством, представленным единственным эмпирическим трендом СПЖ-функции $l = l^*(t)$ с пока единственной характерной к тому же неточно определенной точкой перегиба $(t^*_{\nearrow}, l^*_{\nearrow})$ (см. рис. 1).Точка $(t^+_{max\,max}, l^+_{\nearrow max\,max})$ максимума с плато пока достигнута лишь для СПЖ $L^+ = L^+(t)$ долгожителей (см. рис. 2).

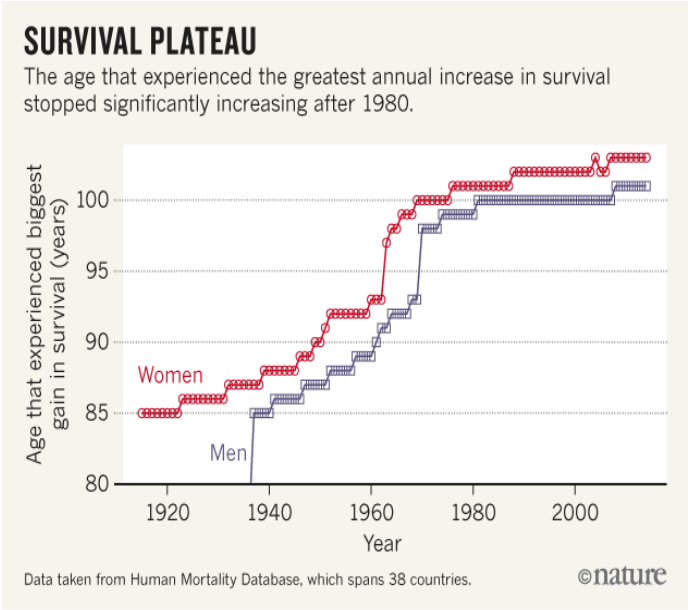


Рис. 2. Средняя продолжительность $L^+ = L^+(t)$ жизни (СПЖ) долгожителей человека в годах, достигших "плато"

Humans May Have Already Reached Their Maximum Lifespan - Scientific American https://www.scientificamerican.com/article/humans-may-have-already-reached-their-maximum-lifespan/?WT.mc_id=SA_BS_20161007

Поэтому при неточно определенной точке ($t^*_{\swarrow}$, $l^*_{\swarrow}$) перегиба кривой $l = l^*(t)$ (см. рис. 1) далееё проводится качественная верификации кривых $l = l_{\text{I}}(t)$ и $l = l_{\text{II}}(t)$ с кривой $l = l^*(t)$ по их вогнуто-выпуклости.на временном интервале [0. t], оканчивющимся текущим моментом времени t.

Разбьем историю чловечества на три все более коротких периода, называемых условно НАЧАЛОМ, СЕРЕДИНОй и ОКОНЧАНИЕМ, на каждом из которых и будим проводить верификацию (см. рис. 1).

Первому периоду в тысячилетиях соответствует вырожденная СПЖ-функция $l = l(t)$ (соотношение (16 d)).

Третьему соответствует СПЖ-функции $l = l_{\text{I}}(t)$ и $l = l_{\text{II}}(t)$ (соотношения (16 a , b и d)) (он начинается с моментов перегиба СПЖ-функций $l = l^*(t)$ и $l = l_{\text{I}}(t)$).

Наконец, второй является промежуточным между первым и третьим в том смысле, что СПЖ-функции $l = l_{\text{I}}(t)$ и $l = l_{\text{II}}(t)$ на нем определяются монотонной интерполяцией их значенийм на первом и третьем периодах.

Начнем верификацию с совмещения даже не точек перегиба($t_{\swarrow}$, $l_{\swarrow}$) и ($t^*_{\swarrow}$, $l^*_{\swarrow}$), а только их моментов $t_{\swarrow} = t^*_{\swarrow} \approx$ 1950 г. (см. рис. 2). Этим подчеркивается не точечный, а лишь вогнуто-выпуклый характер предстоящей верификации.

На периодах НАЧАЛА и СЕРЕДИНЫ СПЖ-функции $l = l_{\text{I}}(t)$ и $l = l_{\text{II}}(t)$), как и СПЖ-функция $l = l^*(t)$ вогнутые и поэтому Гипотезы H_{I}, и H_{II} адекватны. При этом на периоде НАЧАЛА они эквивалентны между собой, т.к. для СПЖ-функций имеем асимтитическое совпадение

$l_{\text{I}}(t) \approx l_{\text{II}}(t) \approx l(t)$, в то время, как на периоде СЕРЕДИНЫ, оставаясь адекватными, Гипотеза H_{II} оказывается даже лучше (оптимистичнее) Гипотезы H_{I}. Такое заключение делается из-за величтны СПЖ L как критерия гуманизации Человечества и соотношения $l_{\text{I}}(t) < l_{\text{II}}(t)$ СПЖ-функций, следующего из монотонной интерполяции на промежуточном периоде СЕРЕДИНЫ

На периоде ОКОНЧАНИЯ СПЖ-функция $l = l_{\text{II}}(t)$ продолжает быть выпуклой, но СПЖ-функция $l = l^*(t)$ становится вогнутой после момента $t^*_{\swarrow}$ перегиба и поэтому Гипотеза H_{II} делается недекватнаной, в то время как СПЖ-функции $l = l_{\text{I}}(t)$ вогнута вместе с СПЖ-функции

$l = l^*(t)$ и поэтому Гипотеза H_{I} адекватнана на всем периоде [0, t].

В итоге Гипотеза H_{I} оказывается **правдоподобнее** Гипотезы H_{II}.

10. Верификация все еще не корректна, пока конкретно не определено, кто подразумевается в концептуальной модели Малого Народа **:** французские просветители-революционеры, масоны, нигилииисты-

народники, евреи, "сионские мудрецы" или современная глобальная либеральная элита?

Евреи по *Л Н. Гумилеву* заведомо не Малый Народ , так как он не причисляет их к этносу [11]. Зато *Арье Каплан* и *И. Р. Шафаревич* единодушны в своем мнении- их Малый Народ это евреи.

Заметим, что "лазутчики" концептуальной модели *Арье Каплан* могут интерпретироваться и как Малый Народ еврейских мудрецов среди Большого Народа простых евреев.

При этом злесь имеет место вырожденный случай соотношения (16) $g'(t) < 0$ падения доли численности $p = g(t)$ мудрецов до их полной гибели при $p = g(t_d) = 0$. где $t_d << t^*$, (" эффект исчезновения"), что имеет место в действительности!

Приведем доводы, указывающие на то, что евреи вполне удовлетворяют допущениям приведенной рисковой модели Малого Народа.

Их малочисленность $M << N$ ($p << 1$) по сравнению с численностью Человечества бесспорна. Более того они в точности удовлетворяют важному требоапню $M'(t) < N'(t)$ медленности роста их численности по сравнению ростом численности Человечества, приводящее к соотношению (16) $g'(t) < 0$ падения доли численности $p = g(t)$ евреев во времени t.

Их слабое влияние ($|c| << 1$) отражено в затянувшейся на тысячилетия переменчивой истории Человечества с трудно уловимыми спорными тенленциями.

Их "Ахилесовой пятой" является соласно соотношения (10 b) оптимально малая терпимость ($y_{min} << 1$) к ним нееврев. Она вредоносна, но вместе с тем и полезна для закалки.

Вместе с тем нельзя обойти и возможность "естественного исчезновения" евреев по причинам принципиально отличающимся от причин , приведших к исчезновению мудрецов.

Рассмотрим простейшую динамическую аддитивную модели $K(t) = K(t) + \xi(t)$ случайной ||численности K $K(t)$, биообъектов в дискретном времени $t = n \Delta t$ ($n = 0, 1, \ldots, t\backslash/\Delta t$), где Δt равно году, $K(t)$=МО $K(t)$ тренд и $\xi(t)$ случайная с независимыми значениями в разные годы флуктуация с МО $\xi(t) = 0$ и полуразмахом $C_K = max_{1<t<t'} |\xi(t)|$.

До сих пор рассматривались трендоподобные численности $K = K(t)$ биообъектов, когда на интервале $[0. T]$ $K(t) >> C_K$ и поэтому $K = K(t) \approx K(t)) >> C_K$, что гарантировало выживание биообъектов.

Численность $M = M(t) = M(t) + \mu(t)$ евреев в начале их истории на интервале времени $[t', t'']$ в периоде НАЧАЛА истории Человечества (см. рис. 1) не была трендоподобной, так как тогда ее малый тренл $M(t)$ с большими флуктуациями $\mu(t)$ был порядка полуразмаха C_M ($M(t) \approx M(t)$

$\approx C_M$), что не гарантировало выживание евреев на указанном интервале времени. Более того при достаточно большой величине $s = t' - t'' >> 1$ интервала времени $[t', t'']$ здесь, согласно соотношения (6 *a*), надежность $P = P_R(s)$ сущствования евреев экспоненцильно падает $P = P_R(s) \approx e^{-s/TR} << 1$, становясь сколь угодно малой ("естественное исчезновение под прессом неевреев").

Поэтому их сущствование можно объяснить как следствие неучета вмешптельства некоторого существенного фактора или как "сверхестественное чудо".

Выражаю Благодарность докторам *Г. Горелику* и *С. Флейшману* за полезные критические замечания, учтенные автором в тексте работы.

Список литературы

1. *Б.С. Флейшман*. Элементы теории потенциальной эффективности/ Радио и связь, . *Москва,* 1982 г,

2. *Б.С. Флейшман*. Основы системологии. Радио и связь, . *Москва,* 1982 г.

(2-е изд. *Bentsion Fleishman*. Fundaments of Systemology. Lulu. *New York*, 2008)

3. *Б.С..Флейшман*. Конструктивные методы оптимальног кодирования для каналов с шумами. Изд.-во АН СССР. *Москва,* 1963 г.

4. *Г.Е.Горелик*. Предел Бремермана и *cGh*-физика (*Gennady Gorelik,*Bremermann's Limit and cGh-physics. http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0910/0910.3424.pdf).

5. *Б. Флейшман*. Выбор за Вами. Ойкумена. Москва-Нью-Йорк, 2000 г (bentsionfleishman.info, книги)

(2-е изд. *B. Fleishman.* The Choice is Yours. Oecumene. Moscow-New-York, 2003).

6. *B. Fleishman.* Stochastic Theory of Complex Ecological System.

Part 6. In book: Complex Ecology.ed *B. Patten*, *S. Jorgensen.* Prentice Hall. 1992.

7. *B. Fleishman.* Probabilistic Safety Criteria. In book: Probabilistic Safety Assessment and Manag*ement*. PSAM 4. Vol. 4.

(Proceeding of the 4-th Intern. Conf. 13-18 Sept. 1998, N Y City, USA) (pp. 2801-2806). Springer. *New York*, 1998.

8. *Л.Н. Гумилев* .Этногенез в биосфере Земли. Гидрометеоиздат. Ленинград, 1991 г.

9. *Арье Каплан*. Если бы Вы были Б-гом. Шамир. Иерусалим,1995 г. (пер. с англ.).

10. *Игорь Шафаревич*. Русофобия. Молодая гвардия, Ленинград,1990 г . / Газета*"День" № 29 (50), 22-28 марта, 1992 г.*

http://zavtra.ru/cgi//veil//data/denlit/050/82.html.

УДК 517

Москинова Галина Ивановна,
профессор, канд. техн. наук, акад. МАИ, профессор

ГОМОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ В ПРИРОДЕ И ОБЩЕСТВЕ: МОДЕЛИ САМООРГАНИЗАЦИИ

Россия, г. Москва, АНО ВО «Национальный институт бизнеса» (НИБ),
galinamoskinova@gmail.com (917)517-75-18

Аннотация. Цель: Привлечь внимание к первоисточникам отечественных исследований по моделированию неклассического принципа управления, наблюдаемого в живой природе и обществе, в системах гомогенного типа. Метод: Системный анализ оригинальных моделей самоорганизации в гомогенных системах. Результаты и выводы: Идентификация характеристик нового принципа управления в гомогенных системах, определенного как крайне децентрализованное, или ценностно-ориентированное (ценностное).

***Ключевые слова*:** общая теория управления, управление в живой природе и обществе, самоорганизующаяся система, моделирование систем, гомогенная система, децентрализованная система управления, ценностное (ценностно-ориентированное) управление.

Galina I. Moskinova,
Professor, Candidate of Tetechnical Sciences, Acad. MAI, Professor

HOMOGENEOUS SUSTEMS IN LIVING NATURE AND SOCIETY: SALF-ORGANISATION MODELS

Russia, Moscow, ANO BO «National Institute of Business» (NIB)
galinamoskinova@gmail.com (917)517-75-18

Abstract. Purpose: to draw attention to the primary sources of domestic studies on modeling the non-classical principle of control/management, observed in nature and society, in systems of homogeneous type. Method: System analysis original models of self-organization in homogeneous systems. Results and conclusions: Identification the characteristics of the new control/management principle in homogeneous systems, defined as extremely decentralized, or value-oriented (value) one.

Keywords: General control/management theory, control/management in living nature and society, self-organizing system, modeling of systems, homogenous system, decentralized control/management system, value-oriented (value) control/management.

Введение

Предметом статьи является моделирование самоорганизующихся систем с неклассическим типом управления, наблюдаемым в естествен-

ных однородных (гомогенных) системах, а также в существующих, эволюционно сформировавшихся современных мегасистемах техносоциомира, таких как мировые сети телефонной связи, сети Интернет и др. Выделенный тип управления, в определенном смысле, альтернативен традиционно кибернетическому. Его принципиальное отличие сконцентрировано в трех дихотомиях понятий: «целевое – ценностное», «гетерогенное – гомогенное», «рациональное – эволюционное». Первая – в отношении доминирующего принципа (концепции) управления, вторая относится к форме организации системы управления, третья – к процессам и механизмам управления [21-23].

Новый тип управления, определенный как крайне децентрализованный, а также ценностно-ориентированный (ценностный), характерен для плоских гомогенных систем активных элементов, взаимодействующих согласно общим правилам поведения (общим ценностям), локальным и однородным. Процессы и механизмы управления – эволюционные (генетические, «снизу»). Именно общие правила как системообразующий фактор объединяют сообщество активных элементов в систему. Сообщество гомогенно (однородно) в смысле следования общим ценностям, а ее элементы активны в смысле возможностей выбора собственных целей и действий, но исходя из общих ценностей. Активность участников, являвшаяся недостатком в классическом подходе к управлению, превращается в главный источник, движущую силу развития системы [18, 21-24].

Обращение к первым исследованиям, проводимым во второй половине XX в. и связанным с моделированием самоорганизующихся гомогенных систем с ценностным управлением, позволило сделать вывод о том, что такой тип управления – далеко не новый не только в живой природе [17, 23]. Он являлся естественным в социуме до конца XVIII-XIX вв., когда жизнь большинства людей, жизнедеятельность человека во внешнем для него мире (малом – семье, большом – окружении «соседей») проходили по привычному для тех времен укладу, который для каждого человека являлся преобладающе гомогенно-ценностным – по заведенным издавна *правилам взаимодействия*, основанным на общих ценностях [23].

В данной статье автор вновь обращается к истокам исследований в области моделирования самоорганизующихся систем с ценностным управлением, чтобы более рельефно выделить новые свойства такого типа управления, его отличие от классического рационально-целевого управления, возможности моделирования самоорганизующихся систем с ценностным управлением, прояснить назначение выделенного типа управления, возможные области применения, акцентируя внимание на

заявленных в этих работах идеях и предложенных решениях, высказанных прогнозах. Особо следует отметить значительный вклад отечественных ученых в становление данного направления исследований, разработку новых подходов к моделированию самоорганизующихся систем и процессов управления.

1. Централизованное управление в социо- и техномире

К началу XX в. человек, выйдя из внешнего, локального него гомогенно-ценностного мира, все более вовлекается в новый мир растущих и все усложняющихся *иерархий – гетерогенных* систем социомира, техномира и свойственного им все более – прагматического рационального *целевого* управления, где человеку отводится роль преимущественно *пассивного* исполнителя закрепленной за ним функции (операции). Проявившись, постепенно приобретает все большую значимость для человека мир искусственный – техномир, создаваемый по тому же рациональному целевому типу управления. Происходит все большее взаимопроникновение этих миров. Для обеспечения развития техно-, техносоциомира возникают *технические теории управления* (ТАР, ТАУ) [16]. Разрабатываются базовые принципы (законы), модели и методы эффективного (оптимального) управления, одним из которых, например, является фундаментальный, можно сказать, феноменальный по своей значимости, принцип обратной связи [2], и др. Развивается мир оптимального управления.

Взрывное развитие *гетерогенно-целевой* парадигмы представлений о мире, его моделирование, управление обеспечивает с середины XX в. наука *кибернетика*, и порожденные ею научно-технические цивилизационные изменения во всех сферах жизни, в окружающем человека мире [4]. Кибернетика заявляет о единстве законов управления в технике, природе и позже обществе, демонстрируя этот главный свой тезис на примере доминирующей в то время парадигмы целевого управления. Немалую роль в развитии и распространении кибернетических представлений о предмете управления в больших и сложных системах сыграли *общая теория систем*, чуть позже – *системный анализ*, *теория принятия решений* [5-6, 12-13, 15, 30, 32, 44]. Активно развиваются информационные технологии, средства обработки информации, вычислительные возможности.

Усложнение растущих иерархических социально-экономических, социотехнических систем, сопровождающийся рост неопределенности возникающих новых проблем управления стимулировали развитие традиционной кибернетической концепции управления, предъявляли новые

требования к разработке средств методического и инструментального обеспечения процессов управления.

1) Усиливается внимание к предварительной *стадии планирования* в общем процессе управления, ее этапам: от целеполагания, анализа внешней и внутренней среды организации и т.д. до выбора эффективных решений в условиях многокритериальности [7, 12-13, 15, 30, 32]. Разрабатывается широкий спектр методов анализа: а) прогнозирования (технологического, эконометрического, в том числе экстраполяционного; фундаментального, технического и т.д.); б) системного анализа (дерево целей, морфологический анализ, Дельфи, составление «сценариев», SWOT-, Portfolio-, SMART-анализ и др.); в) теории принятия решений (аксиоматические, прямые, компенсаций и др.) и пр.

2) Для *стадии собственно управления* (в процессе воздействий по управлению) – предмета теории управления в узком смысле – требуется все более сложный инструментарий для ситуаций управления, когда к началу действий по управлению сохраняется высокая степень неопределенности ситуации. Разрабатываются формализованные модели и методы управления более высоких уровней в цепочке: *регулирование – адаптация – самоорганизация* (сохранение; приспособление, изменение, обучение; развитие, восстановление, воспроизведение и пр.) [17-18, 20, 28].

На наш взгляд, большую роль, с одной стороны, в продлении «жизни» иерархического гетерогенно-целевого управления как моноконцепции, а с другой, в активном поиске иных направлений развития управления сыграла разработка методологии стратегического планирования и управления – *стратегического менеджмента* в 80-х гг. и далее. В том числе на рубеже нашего века, как и сегодня, в стратегическом менеджменте большое внимание уделяется разработке методов обеспечения устойчивого развития крупных организаций. Разработаны разнообразные модели организационного развития (управления изменениями), в том числе известные модели (теории) европейской школы менеджмента (модели контекста и процесса, организационных изменений, исследования действий и др.); американской школы (модели участия, политические модели и др.) [1, 19].

Тем не менее, понимание предела роста иерархических структур управления, других последствий рационально-целевой парадигмы развития сложных систем управления приходит уже к началу 60-х гг., прежде всего в наиболее растущих числом уровней иерархии, социально-экономических системах. Преодоление проблем роста шло разными путями.

1) Организация управления по так называемым *центрам прибыли* (в последующем – *стратегическим хозяйственным единицам*) – «плоским» (фактически 3–х уровневым) организационным структурам управления крупными компаниями с наделением высокой степени самостоятельности образованным подразделениям в принятии решений и хозяйствовании, что позволило компаниям продолжить рост [19].

2) Концепция «*управления по целям*», структурно заключающаяся во введении, наряду с вертикальными, горизонтальных связей в структуре управления организацией благодаря введению дополнительных, достаточно самостоятельных единиц с наделением полномочиями в действиях по достижению выделенных целей. Развиваются направления, в том числе: «*управление проектами*», несколько позже «*программно-целевое планирование и управление*»; разрабатываются эффективные методы (СПУ, ПЕРТ), методики (ППБ, ПАТТЕРН, КВЕСТ и др.) [19, 25, 33, 43].

3) Концепция *стратегического менеджмента*, базирующаяся на понятии «*миссии*» организации как некоего предназначения во внешней среде, долгосрочной глобальной надцели, отражающей интересы своей надсистемы – рынка, его участников – активных элементов, взаимодействующих на этом рынке. Проектирование систем управления исходя из миссии организации – важный шаг вперед к появлению новой концепции ценностного управления [19].

Обобщая результаты решения проблем роста систем управления, отметим, что в конечном итоге во всех успешных случаях решение проблем находилось на пути децентрализации систем управления путем введения в структуру управления так называемых «активных элементов», наделяемых полномочиями принятия решений и действий по достижению определенных целей в процессе функционирования системы или на каком-то его временном отрезке. Однако подход децентрализации систем управления в рамках традиционной кибернетической концепции управления не безупречен, а его использование требует осторожности. Так, опыт развития стратегического менеджмента показывает, что их совмещение сильно усложняет систему управления, предъявляет к ее участникам чрезвычайно высокие, нередко невыполнимые требования, о чем, например, свидетельствует одновременное внимание к серьезной проблеме преодоления сопротивления участников планируемым и вводимым изменениям. В целом, вопрос частичной активизации всех элементов системы, отдельных элементов, звеньев, подсистем в рамках иерархического целевого управления как моноконцепции управления остается открытым. Приходится констатировать, что предложенные ра-

нее пути совершенствования классической рациональной гетерогенно-целевой парадигмы управления не оказались панацеей в новых реалиях.

2. Начало исследований новой концепции управления

В кибернетике, теории управления второй половины XX в. существенный вклад в исследовании и моделировании механизмов управления в живой природе – в биологических системах, в разработку принципиально новых подходов к моделированию систем и процессов управления внесли в 60-80-х гг. отечественные ученые.

В конце 50-х – начале 60-х гг. прошлого века в СССР коллективом специалистов в области математики, биологии, психологии, технических наук по инициативе и под объединяющим творческим руководством Михаила Львовича Цетлина проводились исследования широкого спектра, оказавшие заметное влияние на все последующее развитие работ в области моделирования поведения. В рамках этого научного коллектива были решены многие важные научные и прикладные проблемы (например, впервые в мире создан биоуправляемый протез) [3, 37]. Нас будут интересовать исследования, связанные с *моделированием простейших форм поведения* индивидуума в первоначально полностью неизвестной среде других индивидуумов – поведения «маленького животного в большом мире» [37]. В качестве инструментального средства для моделирования поведения индивидуума – активного элемента М.Л. Цетлиным был предложен конечный автомат (с конечным числом внутренних состояний и ограниченной глубиной памяти).

Следует отметить, что пытаясь идентифицировать алгоритм работы такого автомата по входным и выходным сигналам, не учитывая внутренних состояний, которые меняются от входных сигналов и влияют на выходные, мы сталкиваемся с астрономическим объемом вычислений [35].

Простейший автомат М.Л. Цетлина [37] имитировал целесообразное поведение автономного активного обучающегося элемента в среде других элементов, взаимодействующих исключительно локально – ситуативно. Автомат был использован для выяснения общих закономерностей целесообразного поведения индивидуума (коллектива индивидуумов) в *локальных однородных* средах. При этом принципиально важно, что автомат *активен*, т.е. способен, как минимум, вырабатывать собственные действия, исходя из складывающейся локальной ситуации. М.Л. Цетлиным были заложены основы математически корректной оценки существования устойчивого поведения автомата – разработаны основы теории игр автоматов.

Ниже нас будут интересовать два важных направления, начала которым заложены научной школой М.Л. Цетлина: моделирование систем децентрализованного управления и систем с ценностным типом управления.

3. Моделирование систем «децентрализованного» управления

Одно из направлений исследований, связанное с моделированием простейших форм поведения, вылилось со временем (к н. 80-х гг.) в новую научную теорию — *теорию коллективного поведения и управления* [3], развиваемую, прежде всего под задачи искусственного интеллекта.

Неоценимый вклад в развитие этого направления, подходов к моделированию самоорганизующихся активных систем живой природы и общества внесли работы Д.А. Поспелова, М.Г. Гаазе-Рапопорта, В.И. Варшавского [3, 7-8, 26-28] и др. Авторы [3] поясняют: «В основе этой теории лежит *гипотеза простоты*, высказанная М. Л. Цетлиным. Суть ее сводится к тому, что любое достаточно сложное поведение слагается из совокупности простых поведенческих актов. Их совместная реализация и простейшее взаимодействие приводят в результате к весьма сложным поведенческим процессам. Отсюда возникла «идея о том, что совместное функционирование простых «маленьких зверушек» в сложной среде способно обеспечить *устойчивое* существование всего коллектива, который можно рассматривать как некий «сверхорганизм»» [3, с. 22-23], примером тому – клетки человеческого тела, пчелы улья или муравьи муравейника.

Авторы [8] в свойственной им популярной форме изложения представили энциклопедически полную картину моделей (механизмов) поведения живых организмов как самоуправляемых систем, начиная с амебы до сложного поведения высших животных, а также человека, социумов Показано постепенное усложнение механизмов самоуправления, рассмотрены модели поведения организмов, реализующие эти функции.

Рассматривая «последовательность все более усложняющихся форм поведения», авторы неоднократно «подчеркивали тот факт, что в сложные формы поведения в качестве их частей входят более простые формы. Природа экономна. Раз найдя эффективное средство для организации поведения, она старается использовать его многократно. Там, где простые формы поведения надежно достигают цели, никогда не используются более сложные пути достижения, целей, стоящих перед организмом» [8, с. 140]. Так, самоуправление для обеспечения жизнедеятельности амебы происходит только на основании механизмов, реализующих безусловно-рефлекторное управление, тогда как у голубя, например, наряду с механизмами безусловного рефлекса природой выработаны и

"встроены" условно-рефлекторные механизмы, а уже у варановых птиц (сорок), наряду с предыдущими, обнаруживается явное наличие механизмов так называемого "экстраполяционного рефлекса" и т.д. Очевидна также разница вложенных механизмов управления, обеспечивающих сохранение организма, его приспособление к среде или развитие; механизмов управления с простейшей памятью и с более сложной организацией ее структуры и функционирования, например с формированием так называемых "моделей мира" и т.п.

В [3] сделан акцент на ситуациях самоорганизации сложных систем, не требующих для устойчивого функционирования традиционного централизованного управления. Авторы утверждают, и на протяжении всей книги убедительно иллюстрируют многочисленными примерами из био-, техносоциомира: «Ситуация, когда сложные процессы развиваются не за счет централизованных воздействий, а за счет локальных взаимодействий их элементов, широко распространены в природе и в человеческом обществе. Она встречается гораздо чаще, чем это может показаться на первый взгляд», тогда как традиционное в теории управления «централизованное управление, ... как правило, неэффективно, а в ряде случаев просто невозможно» [3, с. 5].

Выделенные таким образом ситуации авторы определяют как ситуации «децентрализованного» управления, однако, учитывая разные смысловые оттенки этого термина в менеджменте, добавим – «крайне децентрализованного». А именно, рассматриваются альтернативные традиционному централизованному управлению ситуации, в которых для обеспечения процессов жизнедеятельности индивидууму, сообществу индивидуумов не требуется «дирижер». Суть такого управления (самоуправления) состоит в том, что оно осуществляется не за счет централизованных воздействий, а за счет локальных взаимодействий их элементов. Авторы отмечают: «во многих случаях децентрализованное управление есть не ухудшенный вариант централизованного или иерархического, но вполне законный, а часто и единственно возможный вид управления» [3 , с. 12].

Исследуются возможности целесообразного поведения простейших индивидуумов в среде себе подобных. В качестве простейшего индивидуума – активного элемента был использован автомат Цетлина – с конечным числом состояний и ограниченной памятью. Важно то, что с помощью такого автомата можно моделировать разнообразные формы поведения индивидуумов как активных элементов – моделировать «личные» качества автоматов, внося разнообразие в понятие поведения автономного автомата. Рассмотрены разные модели поведения автономных автоматов, представляющие, по сути, механизмы адаптации в управле-

нии: «с линейной тактикой» – аккуратный и педантичный, «доверчивый», «осторожный», «упрямый» и др. автоматы. При этом исследуются ситуации, когда имитируемые автоматом индивидуумы действуют как автономно (без взаимодействия – обмена информацией с другими), так и с разными формами таких взаимодействий; как в стационарных, так и в динамических средах; сами автоматы отличаются как постоянной, так и переменной структурой и др.; исследовано функционирование автомата с переменной структурой в переключающихся средах и т.п.

В своих исследованиях авторы, следуя гипотезе простоты, на примере разнообразных поведенческих ситуаций:

1) показывают возможности *построения сравнительно простых моделей*, имитирующих достаточно сложное поведение коллектива индивидуумов, разные формы такого поведения, используя в качестве индивидуума как активного элемента автомат Цетлина;

2) доказывают принципиальную возможность *имитации целесообразного (адаптивного) поведения* автономных автоматов, коллектива однородных автоматов, взаимодействующих локально.

3) развивают математический аппарат, обеспечивающий корректную *оценку достижимости устойчивого поведения* коллектива взаимодействующих автоматов, других характеристик системы. С этой целью был развит математический аппарат теории игр автоматов, основы которой были заложены М.Л. Цетлиным, теории массового обслуживания и др.

Таким образом, авторы доказывают принципиальную возможность и реальное существование иного типа управления, широко распространенного в живой природе, его эволюционное усложнение в техносоциомире. На многочисленных примерах показывают возможности выхода на устойчивую, приспособленную к среде «жизнедеятельность» коллектива локальных однородных активных элементов. Обращают внимание на то, что процесс выхода однородной системы конечных автоматов на устойчивое существование – процесс адаптации зависит от объема памяти конечного автомата, сложности среды, правил взаимодействия и др., но в целом, по крайней мере, во многих исследованных моделях, функционирующих в быстро меняющихся средах, он был явно заметен. Этот недостаток авторы связывают с тем, что за децентрализацию управления, ее важные достоинства приходится платить увеличением времени адаптации.

Особого внимания заслуживает и последняя глава книги «Диалектика простого и сложного» об эволюции децентрализованных систем (на примере международных телефонных и компьютерных сетей). Мир, создаваемый человеком в технических системах, во многом похож на тот,

который окружает человека в природе. И в искусственном мире техники могут происходить процессы, подобные эволюции живых организмов. Возникают колонии и сообщества технических систем, формируются «сверхорганизмы» типа муравейника, возникают «коллективы», живущие по своим законам. Авторы книги анализируют эти аналогии и рассматривают принципы построения управления в таких технических системах, которые во многом отличаются от привычных схем управления. Однако тема эволюционного усложнения однородных систем требует самостоятельного рассмотрения.

4. Моделирование систем с «ценностным» типом управления

Второе направление исследований в области моделирования систем и процессов управления, истоки которого заложены в оригинальных работах коллектива М.Л. Цетлина, постепенно обозначается отдельными работами конца прошлого века и к началу нынешнего оформляется как *ценностно-ориентированное*, или просто *ценностное управление* [17, 20-21, 24, 38-39]. Первые работы этого направления по моделированию простейшего поведения гомогенных систем были связаны с процессами управления в биологических системах и направлены на использование результатов прежде в социальных, социально-экономических системах [14, 29, 34, 42], а также в системах искусственного интеллекта. Последнее направление активно развивается и уже сейчас представлено такими областями приложений, как генетические алгоритмы, многоагентное программирование и др. [9, 11, 31].

В моделируемых системах с ценностным управлением доминирующим, системообразующим фактором является не цель, что характерно для классических систем управления, а *общая ценность*, выраженная в простейших случаях в форме системы *правил взаимодействия* (поведения) ее элементов. Именно общие ценности объединяют сообщество активных элементов в систему. Таким образом, в системах социума новый тип управления основан на приоритете ценностей над целями; он характерен для плоских гомогенных систем взаимодействующих активных элементов. Процессы и механизмы управления – эволюционные. [22-24].

В [22] приведено более 30 свойств систем с ценностным управлением в их отличии от классического целевого управления. Среди них выделяют два принципиально важных для развития неклассической концепции управления:

1) *активность* элементов системы с ценностным управлением,

2) *однородность* и *локальность* правил взаимодействия элементов.

Активность элементов системы, являвшаяся недостатком в классическом целевом подходе к управлению, превращается в главный источник, «движущую силу» обеспечения устойчивости и развития системы. Элементы системы активны и свободны в смысле возможностей выбора собственных целей и действий, но исходя из общих ценностей, в частности – исходя из следующих из них правил взаимодействия.

Уже в первых работах по моделированию простейших систем с выделенным неклассическим типом управления четко формулируются требования к системе и правилам взаимодействия ее элементов – они локальны и однородны [14, 34].

Локальность означает, что действия (поведение) каждого элемента системы зависят только от состояния соседних с ним элементов (т.е. от свойств системы только в окрестности данного элемента) – ситуативно для каждого элемента и не зависят от характеристик и состояния всей системы. Однородность, или *гомогенность*, означает, что *правила взаимодействия* одинаковы для всех элементов системы (либо для достаточно больших ее частей). В социуме классическим примером такой системы правил являются Библейские заповеди [29-34].

Указанные свойства гомогенных систем с внутренним ценностным управлением (самоуправлением) способны обеспечить большую, по сравнению с иерархическими системами, устойчивость системы к дефектам, вызванным отсутствием или ошибками информации о состоянии элементов, отрицательным влиянием внешних возмущающих воздействий и др. Проблема в том, что не любой набор правил взаимодействия обеспечивает самопроизвольную самоорганизацию. Поиск таких правил является самостоятельной задачей исследования данного направления [29].

Свойства локальности и однородности сообщества активных элементов были взяты за основу в ряде работ по моделированию простейших однородных (*гомогенных*) систем. Так, в 90-х гг. В.Б. Филипповым и др. проводились исследования, относящиеся к имитации начального развития организма из зародышевой клетки [14, 34]. В качестве биологической клетки был взят автомат М.Л. Цетлина. Взаимодействие элементов осуществляется исключительно локально, т.е. только между ближайшими «соседями», по единым (одинаковым) для всех правилам. Были исследованы компьютерные модели некоторых морфогенетических процессов биологии развития, целью которых являлось создание и сохранение той или иной геометрической формы биологического объекта, состоящего из достаточно большого числа биологических клеток. Целью данного исследования являлось выявить такие правила локального однородного взаимодействия (перемещения биологических клеток),

которые решают поставленную задачу самоорганизации требуемого биологического процесса[1].

Значимость данной работы, по нашему мнению, в том, что процесс развития организма, по крайней мере, плода до рождения, очевидно, происходит по генетически заложенным правилам локального однородного взаимодействия клеток (исключительно с соседними клетками) или, по мере развития организма, серии последовательно сменяемых наборов правил такого типа. Если так, то это объясняет удивительную способность стволовых клеток развиваться нужным образом, будучи помещенными в любую однородную среду клеток.

Примером успешного решения задачи поиска системы простейших правил поведения для моделируемой гомогенной системы с внутренним локальным однородным взаимодействием является модель, имитирующая организацию (морфологию и процесс) полета стаи птиц типа «журавлиный клин». Полет птиц удалось смоделировать на основе трех простых правил:

1) соблюдение минимального расстояния между птицами;

2) выравнивание скоростей;

3) стремление к центру стаи.

При этом «огибание препятствий в компьютерной имитации полета стаи правдоподобно до удивления» [35, с. 132; 42].

Такие системы отличаются большой *устойчивостью к дефектам*, вызванным отсутствием или ошибками информации о состоянии элементов или отрицательным влиянием внешних возмущающих воздействий. В полученной таким образом структуре элементы сообщества жестко не закреплены за ее определенными «ячейками». Это принципиально отличает такие системы от традиционных иерархических целеориентированных систем. Элементы (*по отношению к структуре*) *«подвижны»*, а сформированная организация при этом устойчива.

5. Совместимость исследований. Прямая и обратная задачи

Сравнение двух рассмотренных направлений исследования простейшего поведения сообщества индивидуумов в среде себе подобных обнаруживает много общего. Так, начальные условия фактически одинаковы:

1) Объектом исследования является сообщество взаимодействующих индивидуумов, действующих в локальных однородных средах. Моделью объекта является *гомогенная* система *активных элементов* с *ло-*

[1] Насколько известно автору статьи, к сожалению, работа осталась так и не завершенной из-за «нахлынувшей» в стране «перестройки» и ее последствий, в целом, трагичных для отечественной науки.

кальным однородным взаимодействием согласно определенному набору *правил*.

2) В моделируемой гомогенной системе *субъекта управления как такого в системе или вне системы нет*, его «техническую» роль выполняют сами элементы системы. Функция управления обеспечивается набором правил взаимодействия.

3) При некоторых наборах правил локального однородного взаимодействия (не любых) такие однородные системы активных элементов *самопроизвольно самоорганизуются*, выстраивая определенную *устойчивую организацию* (морфологию, процесс и др.). При этом вопрос о полноте набора правил такого рода является важной задачей.

Общим является ряд полученных важных результатов исследований, в том числе связанных с большой устойчивостью гомогенных систем к отрицательным внешним воздействиям, к ошибкам или искажениям информации о состоянии элементов и др. Процесс выхода однородной системы на устойчивое поведение – процесс адаптации зависит от объема памяти конечного автомата, особенностей среды, правил взаимодействия и др., но, в целом, этот процесс более медленный, чем при традиционном иерархическом управлении. Увеличение времени адаптации системы является определенной «платой» за многие достоинства данного способа организации систем.

Определенные различия в двух направлениях исследований касаются предмета (задачи) исследований гомогенных систем и, соответственно, представлений развития исследований. Задачи исследований, в определенном смысле, противоположны. Выделим прямую и обратную задачи:

Прямая задача: При заданных правилах локального однородного взаимодействия является ли гомогенная система активных элементов устойчивой? Каковы при этом характеристики устойчивости? В том числе, приобретенная системой организация (морфология, процесс и т.п.)?

Обратная задача: Каковы должны быть правила локальных однородных взаимодействий активных элементов гомогенной системы, чтобы обеспечить системе требуемую организацию, например, устойчивую морфологию, организованный процесс и т.п.?

Очевидно, что обе задачи взаимно дополняют друг друга:

1. Первая заключается в идентификации устойчивости объекта исследования – гомогенной системы в условиях определенных правил взаимодействия. Ее решение требует разработки средств (методов, механизмов) оценки устойчивости системы, ее характеристик, например пе-

риода выхода на устойчивое функционирование – периода адаптации и др.

2. Вторая связана с идентификацией правил взаимодействия элементов в системе, которые обеспечивают (обеспечат) определенное устойчивое поведение системы. Решение этой задачи требует разработки методов, обеспечивающих поиск (формирование) системы правил поведения элементов с желаемым (требуемым) эффектом организации системы.

6. Перспективы развития исследований

Разумеется, оба типа задач включают разнообразие более узких постановок и, наоборот, их расширение. Так, примеры постановок задач второго типа для объектов социума и их начальный анализ рассмотрены в [22, 24].

Не менее интересно исследование объекта в более широком контексте. Действительно, нами выше были рассмотрены результаты исследований простейших однородных систем с крайней децентрализацией в управлении – на основе общих правил локального взаимодействия (общих ценностей). Возникают вопросы, ответы на которые могут быть найдены в Природе (как всегда) – неисчерпаемом источнике знаний, идей и решений. В каком направлении развивались естественно-природные гомогенные системы под новые задачи усложняющегося мира? Какой эволюционный путь «избран» природой? Каковы ступени естественно-природного развития гомогенных систем, предъявляемые «требования» и «ответы» на них и т.д.? [8, 10, 35]

На наш взгляд, интересным направлением является исследование причин и способов организации сложных биологических систем как систем гомогенно-гетерогенных, которые бы обладали достоинствами одного и другого типов управления, возможно, для разных классов ситуаций и др. Природой предусмотрены разные варианты организации таких систем, одним из которых является вариант, на наш взгляд, наиболее совершенный в живой природе, но еще не исследованный в смысле причин выбора природой именно такой организации естественных сложноорганизованных систем. Это чередование гомогенных и гетерогенных уровней в иерархической организации биологического организма и их объединений [23, 36].

Не менее важен вопрос исследования процессов принятия решений в социумах, связанный с принятием решений при доминировании ценностей над целями – новая область теории принятия решений и др. [17, 20-21].

Все эти и другие вопросы требуют специальных исследований и ждут своих исследователей.

Список литературы:

1. Бодди Д., Пейтон Р. Основы менеджмента /Пер. с англ. – М.: СПб: ПИТЕР, 1999. – 413 с.

2. Бутковский А.Г. К методологии и философии кибернетики. Краткие тезисы. – М.: ИПУ РАН, 2010. – 80 с.

3. Варшавский В.И., Поспелов Д.А. Оркестр играет без дирижера: размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими. – М.: Наука, 1984. – 208 с.

4. Винер Н. Кибернетика. М., 1968. – 326 с.

5. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: Учебник. – М.: Юрайт, 2013. – 616 с.

6. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 335 с.

7. Гаазе-Рапопорт М.Г. Автоматы и живые организмы. – М.: Изд-во физ.-мат. лит, 1961. – 224 с.

8. Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота: модели поведения. – М.: Наука, 1987. – 288 с.

9. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейник В.М. Генетические алгоритмы: учебник – Изд. 2-е испр. и. доп. М.: Физматлит, 2010. – 365 с.

10. Завадский К. М. К проблеме прогресса живых и технических систем // В сб.: «Теоретические вопросы прогрессивного развития живой природы и техники». – Л.: Наука, 1970, с. 3-28.

11. Курейчик В.В., Курейник В.М., Родзин С.И. Теория эволюционных вычислений: монография. – М.: Физматлит, 2012. – 260 с.

12. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений: Вербальный анализ решений. – М.: Наука, 1996. – 207 с.

13. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Наука, 1979. – 200 с.

14. Леонтович А.М., Огарышев Ф.В., Филиппов В.Б. Математические модели с локальным однородным взаимодействием // Математическое моделирование. Серия, вып. 4. – М.: Фазис: ВЦ РАН, 2000. – 151 с.

15. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В.Н . Волкова, Г. В. Горелова, В.Н. Козлов и др. Под ред. В.Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 592 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.

16. Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. – М.: Наука, 1987 – 302 с.

17. Москинова Г.И. Моделирование целесообразного поведения организаций: механизмы самоорганизации, адаптации, регулирования // YI Национальная конференция по искусственному интеллекту КИИ-98. Сб. науч. трудов. Т. 2, Пущино, М., 1998, с. 692-699.

18. Москинова Г.И. О природе и механизмах самоорганизации и самоуправления в естественных сложно организованных системах // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды XYII Международной конференции. Ч. 1, июнь 2011г. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012, с. 48-50.

19. Москинова Г.И. Стратегический менеджмент. Глава 11. Организационное развитие и управление изменениями / Учеб. пособие в таблицах и схемах. – М.: Изд-во НИБ, 2011. – 216 с.

20. Москинова Г.И. Управление в организационных системах: задачи, стратегии, методы управления. – Кемерово, Кемеровск. гос. унив-т, 1992. – 96 с.

21. Москинова Г.И. Целе- и ценностноориентированное управление // В сб. трудов XX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'2017", СПб.: Изд-во ЛЭТИ, 2017, с. 60-74.

22. Москинова Г.И. Моделирование систем ценностного управления: Состояние и перспективы. // В сб.: "Системный анализ в проектировании и управлении": Труды XXII Междунар. конф. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2018.

23. Москинова Г.И., Москинов А.В. К истокам моделирования гомогенных ценностноориентированных систем живой природы и общества // В сб. трудов XX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'2017", СПб.: Изд-во ЛЭТИ, 2017, с. 362-365.

24. Москинова Г.И. Ситуации и задачи ценностного управления. Источники и природа ценностей. Краткий обзор. // В сб.: "Системный анализ в проектировании и управлении": Труды XXI Междунар. конф. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.

25. Питерс Т., Уотермен Р. В поисках эффективного управления. Опыт лучших компаний. – М.: Прогресс, 1986. – 425 с.

26. Поспелов Д. А. Вероятностные автоматы. – М.: Энергия, 1970. – 87 с.

27. Поспелов Д. А. Игры и автоматы. – М.: Л.: Энергия, 1966. – 134 с.

28. Поспелов Д.А. Наука или фантазия: На пути к искусственному интеллекту. – М.: Наука, 1980. – 218 с.

29. Прангишвили И.В., Пащенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П. Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе. – М.: Наука, 2001. – 524 с.

30. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.

31. Таранников Н.А. Разработка многоагентной системы поддержки принятия решений на основе многокритериальных методов анализа иерархий и аналитических сетей: монография. – Волгоград: Политехник, 2007. – 72 с.

32. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 845 с.

33. Управление проектами: Учебник / Под общ. ред. В.Д. Шапиро. – СПб.: «ДваТри», 1996. – 610 с.

34. Филиппов В.Б. Управление глобальными процессами посредством локальных однородных взаимодействий. Компьютерное моделирование // Анализ систем на пороге XXIв. т. IY. Труды Междунар. конф., М.: Интеллект, 1996. – С. 279-284.

35. Хиценко В.Е. Самоорганизация: элементы теории и социальные приложения. – М.: КомКнига, 2005. – 224 с.

36. Хомяков П.М. Системный анализ: экспресс-курс лекций. – Изд. 5-е. М.: URSS, ЛЕНАРД, 2016. – 211 с.

37. Цетлин Л.М. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. – М.: Наука, 1969. – 316 с.

38. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.

39. Шрейдер Ю.А. Ценности, которые мы выбираем: Смысл и предпосылки ценностного выбора. – М.: Эдиториал, 1999 – 206 с.

40. Щедровицкий Г.П. На досках. Публичные лекции по философии Г.П. Щедровицкого. – М.: Школа культурной политики, 2004. – 196 с.

41. Щедровицкий Г.П. Принципы и общая схема методологии организации системно-структурных исследований и разработок (~ 1976г.) // Щедровицкий Г.П. Избранные труды. – М.: Шк. Культ. Полит., 1995. С. 88-114.

42. Artificial Life // Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings, vol.6 / Langton C.G. ed.- Redwood City CA: Addison-Wesley, 1989.

43. Drucker P.F. Management: Tasks, Responsibilities, Practices. – N.Y., 1974. – 672 c.

44. Moskinova G.I., Moskinov A.V Systems analysis as the universal methodology of knowledge. // Systems analysis in engineering and management/ Proceed. of the Intern. scien. and pract. conf. Best papers of the conf. 1-3 Jule 2014, SPb, 2015, p. 35-40.

Вапнэ Генрих,
инженер

«КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ» В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ

USA. Brooklyn
genrikhjv@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены теоретические аспекты определения понятия *критерий* и требования к составляющим его показателям применительно к сфере принятия решений в системном анализе. Критерий определяется как мера оптимальности отношения эффекта к затратам и инструмент связи между целью и средствами при наличии ограничительных условий. Вводится понятие *дерево критериев*, адекватное понятиям *дерево задач* и *дерево альтернатив*, а также рассмотрена специфика построения подобного графа.

Ключевые слова: системный анализ, критерий оценки, дерево критериев.

Genrikh Vapne,
engineer

CONCEPT OF CRITERION IN SYSTEM ANALYSIS

USA. Brooklyn
genrikhjv@gmail.com

Abstract. The theoretical aspects of the definition of the concept of a criterion and the requirements for its constituent indicators as applied to the sphere of decision making in system analysis are considered. The criterion is defined as a measure of the optimality of the ratio of effect to cost and the instrument of communication between the goal and the means in the presence of restrictive conditions. The concept of a criterion tree is introduced, which is adequate to the concepts of a problem tree and an alternative tree, and the specificity of constructing such a graph is also considered.

Keywords: system analysis, concept of criterion, criterion tree.

> «*Традиционно для принятия решения стремятся получить выражение, связывающее цель со средствами ее достижения. Такие выражения получили в параллельно возникавших прикладных направлениях различные названия: критерий функционирования, критерий или показатель эффек-*

тивности, целевая или критериальная функция, функция цели и т. п. В тоже время, при постановке задачи в числе критериев могут быть и принципиально неформализуемые» [1].

Введение

Исследования в области системного анализа включают в себя, как известно, анализ и разработку методики процедуры «принятия решения». Независимо от сферы приложения выбранного решения процедуру принятия решения необходимо рассматривать как многоэтапный процесс, включающий в себя:

- исследование характера проблемы, подлежащей решению, определение лежащего в ее основе противоречия, формулирование целевой установки решения проблемы;
- формирование вариантов путей решения проблемы;
- непосредственное оценивание вариантов по совокупности локальных показателей и упорядочение их по степени удовлетворения концепции предпочтения;
- оценивание совокупности ресурсов, необходимых для реализации сформированных вариантов решения;
- исследование степени достижения цели по каждому варианту решения проблемы путем изменения степени удовлетворения концепции предпочтения и необходимых ресурсов;
- принятие решения (выбор оптимального варианта).

Указанные действия в значительной степени повторяются в различных сферах применения системного анализа, что позволяет сделать их объектом для исследования. Однако уровень разработки разных этапов процедуры принятия решения далеко не одинаков. Определенные достижения имеются в разработке отдельных элементов методологии оценки вариантов, в то время как проблемы формирования целей, определения совокупности вариантов, показателей и многие другие исследованы в определенной, но явно недостаточной степени [1, 2, 3].

Среди них и проблема «критериев оценки», которая, по мнению специалистов, относится к числу важнейших в практике системного анализа. По свидетельству Г.М. Доброва, «поиски количественно определенных и по возможности более объективных критериев выбора прогнозных вариантов, а также разработка алгоритмизированных процедур их применения являются одной из актуальнейших прикладных проблем современного науковедения» [4].

Следует отметить, что проблемы теории системного анализа оказываются в сфере внимания специалистов самых различных областей знания: философии, социологии, информатики, науковедения и т.д.

[1] /Волкова В.Н.. Денисов А.А. Теория систем . М.: Высшая школв, 2006, с. 80.

вплоть до теории игр и исследования операций. Поэтому при использовании достижений теории системного анализа в практических приложениях необходимо суммировать результаты, полученные специалистами этих областей.

Настоящий анализ посвящен вопросам выбора критериев и не затрагивает их конкретного применения в оценке вариантов.

1. Логические основания выбора оценок

В работах экономистов и науковедов, посвященных проблеме критериев, практически не освещаются логические основания для предполагаемых путей выбора критериев и способов их использования в оценках. Они считаются очевидными. Тем самым игнорируются результаты, полученные специалистами по логике. Между тем, в работе [5], посвященной логическому анализу оценочных высказываний и действий, выдвигается ряд положений, которые необходимо иметь в виду при построении практически пригодной системы критериев.

Указывается, что структура оценок включает в себя следующие четыре категории*: субъект, предмет, характер и основание оценивания*. Наибольший интерес представляет категория *характер оценивания,* т.е. получение абсолютных (*хорошо, плохо, безразлично*) и сравнительных (*лучше, хуже, равноценно*) оценок. При этом устанавливаются не нормы оценочной деятельности, а условия, выполнение которых позволяет назвать определенную систему оценок рациональной. Так, в частности, согласно логике абсолютных оценок два противоположных состояния не могут быть хорошими с одной и той же точки зрения одного и того же субъекта. Оценки, имеющие разные основания, не могут логически противоречить друг другу.

Существенным для практики является деление абсолютных оценок на внутренние и внешние (утилитарные, телеологические). К внутренним относят оценки, характеризующие ценность некоторого предмета, рассматриваемого изолированно от других, к внешним – оценки, приписывающие предмету ценность с учетом его связей с другими предметами. Существенно, что утилитарная ценность вещи не предопределяет ее внутреннюю ценность.

Анализируя разные формы оценок, можно выделить две различные функции, которые они выполняют: функцию *выражения* и функцию *замещения*. В первом случае оценка отражает чувства субъекта по отношению к предмету. Она ничего не утверждает и потому лишена объективности. Оценки типа *замещения* субъект дает предметам по отношению к объективной действительности, поэтому они могут быть истинными или ложными. Безусловно, что обе функции независимы. Выявление их представляется важным для практики экспертного оценивания, где опасность смешения оценок выражений и замещений вполне реальна.

2. Определение понятия *критерий*

В системном анализе, находящемся на этапе бурного развития, широко употребляются понятия, определения которых все еще требует уточнения и разъяснения. Приводимые формулировки разнообразны не только по форме, но и по существу. Так, с нашей точки зрения, обстоит дело с понятиями *цель* [1, 6], *альтернатива* [3], *вариант*, *задача*, *проблема* и др.

Анализ многочисленной литературы показывает отсутствие единого мнения относительно понятия *критерий*, хотя все авторы, как может показаться на первый взгляд, единообразно им пользуются. Так в обзоре [7] отмечается, что другими терминами, используемыми для обозначения критериев, являются *факторы, переменные, параметры, показатели качества, цели* и т.п. В работе [8], посвященной разработке системы критериев для совершенствования планирования научных исследований, критерии отождествляются с целями НИИ. В работе [9], аналогичной работе [8], ограничения на ресурсы выступают как «четко сформулированные критерии, которых стремятся достичь, превзойти или не превышать в процессе формирования системы тематических планов»,

Приписывание качеств критерия таким атрибутам процедуры принятия решений как *цель* и *ограничение* объясняется не только недостаточным субъективным пониманием смысла этих понятий, но и объективными причинами, заключающимися в том, что критерий устанавливает взаимосвязь между целями (вернее задачами) и ограничениями [10]. Однако, ясно, что подобная роль критерия не дает оснований для его отождествления с целью (задачей) и ограничением.

Сложность определения понятия *критерий* в значительной мере обуславливается тем, что им пользуются для оценок как на качественном, так и на количественном уровнях. Если на качественном уровне преобладают словесные формулировки, но на количественном – многочисленные аналитические выражения. При этом широко распространена тенденция превращения словесных формулировок в математические формулы (формулизация). Например, в некоторых работах по прикладной математике даются следующие определения: «критерий – это некоторая функция (функционал) от принятого решения (управления), которая позволяет количественно оценить целесообразность принятого решения. В нем должна быть формализована цель операции» [11]. В математических работах теоретического характера [12] критерий определяется как множество, содержащее не менее двух элементов, соответствующих разным оценкам измеряемой величины. В работах экономико-математического направления, наиболее близких по содержанию к программному планированию, критерий определяется как «мера соответствия результатов функционирования системы поставленным при ее про-

ектировании или использовании целям с учетом затрат, необходимых для получения результатов, в определенных условиях использования» [13].

Практика показывает, что формирование вариантов решения лучше поддается алгоритмизации, проводится тем точнее, чем более конкретизирована формулировка решаемой задачи – цели деятельности [6], чем более она сужена по сравнению с той идеальной целью стремления, ради достижения которой и ставится сама задача. Оценка же этих вариантов производится не только с точки зрения достижения определенной цели деятельности, но и с точки неявно существующей цели стремления, т.е. решение оценивается по тому, насколько удовлетворительно оно для конкретной задачи и по тому, насколько оно оптимально с позиций других задач, в числе которых находится и рассматриваемая задача.

Учитывая вышеизложенные соображения, а также многочисленные предложения по конкретным формулировкам критериев в различных задачах планирования можно предложить следующее определение:

Критерий – это мера соотношения между эффектом оцениваемого варианта решения (степени достижения цели) и уровнем необходимых для его реализации ресурсов с учетом ограничений на них для всех адекватных поставленной задаче вариантов решения.

Из определения следует, что критерий не отождествляется ни с целью, ни с задачей, ни с ограничениями, а является инструментом измерения. При этом процедура измерения состоит из трех операций: измерение эффекта или степени достижения цели (понимаемой в широком смысле как цель стремления), измерение совокупности необходимых ресурсов и измерения отношения между ними.

Разработка методов проведения каждой из этих операций представляет собой самостоятельную сложную задачу. Для наших целей важно лишь выделить эти этапы, так как в широко распространенных задачах квалиметрического характера (оценка технического уровня и т.п.) объем понятия *критерий* уменьшается до уровня меры степени достижения цели. Необходимые ресурсы и эффективность либо не рассматриваются вообще, либо определяются уже после проведения выбора. В этом смысле целесообразно меру степени достижения цели называть показателем, а не критерием.

Важно подчеркнуть, что в определении критерия понятие *ресурсы* рассматривается в самом широком смысле , включая не только деньги, кадры, оборудование и т.п., но и любые другие условия, определяющие возможность (допустимость) решения задачи вообще.

Необходимо также обратить внимание на форму выражения меры. Количественная форма выражения критерия в литературе чаще всего носит название *целевая функция*. Она широко распространена в автоматике

(теория оптимальных, самонастраивающихся и подобных систем), исследовании операций и других технических дисциплинах кибернетического направления , с ее помощью измеряют степень достижения цели.

Довольно редко целевая функция используется как инструмент измерения отношения стоимость-эффективность. Отсюда и появляется путаница между критерием и целью, так как во многих задачах управления несоциального характера (планирование эксперимента, управление технологическими процессами и т.д.)цель формируются как задача на получение экстремума.

В задачах управления социальными процессами, где во многих случаях в настоящее время отсутствуют общепринятые обоснованные количественные измерители, при проведении оценок степени достижения цели вынужденно пользуются качественными показателями. Выраженные словами, они должны содержать формулировки не только названия показателя, но и уровней результативности по данному показателю, которые в совокупности составляют его «тело». Разработка таких формулировок, а также формулировок уровней критерия представляет собой важный методологический аспект рассматриваемой проблемы.

3. Принцип глобального критерия

В качестве одного из важнейших методологических принципов программного планирования следует назвать принцип единой цели. Существование единой цели в момент принятия решения может быть легко обосновано теоретически, если всю процедуру решения проанализировать с позиций диалектического системного анализа. Нужно сказать, что этот достаточно очевидный принцип слабо используется на практике не только из-за сложности его познания в условиях множества целей, но и из-за практических трудностей формулирования единой цели, агрегирующей это множество.

На основе принципа единой цели и определения критерия, данного выше, можно сделать вывод о необходимости единого критерия, оценивающего эффективность того или иного варианта достижения этой цели. Такой критерий получил название глобального в отличие от локальных критериев и показателей, которыми широко пользуются на практике для оценки эффективности вариантов достижения отдельных частных целей. В работе [14] сказано, что в основе целевого принципа лежит принцип оптимальности, признание единого глобального критерия общественной оценки решений. Абсолютное его отрицание означает несравнимость целей, программ, вариантов плана, следовательно, невозможность обоснованного выбора. Любое предпочтение вариантов предполагает некую шкалу их сравнений, т.е. глобальный критерий.

Трудности словесного формулирования глобального критерия привели к тому, что появились предложения делить решение на простые и сложные [15]. Простое решение – это выбор по одному критерию, сложное – по нескольким. Правда здесь же авторы предлагают сводить сложное решение к простому путем выбора альтернативы по одному признаку при ограничениях, накладываемых другими признаками. Тем самым проявляется уже отмеченная выше путаница между ограничениями и критериями. Такое предложение необходимо признать неудачным. В работе [16] образование формализованного глобального критерия из совокупности локальных показателей предлагается в качестве метода сведения сложного решения к простому. При этом под глобальным критерием понимается мера результирующего эффекта.

В работе [10] отмечается, что первая задача анализа систем состоит в том, чтобы определить, каким образом следует сочетать разные показатели, чтобы получить меру общей эффективности. В качестве такой меры предлагается вероятность выполнения системой заданных функций по крайней мере на некотором заданном уровне. В задачах исследования операций [11, 13] широко распространены два варианта глобальных критериев: минимум затрат на решение поставленной задачи или максимум эффекта решения при заданных затратах. Представляет также интерес предложение о выборе глобального критерия управления промышленным предприятием, которое в работе [17] сформулировано как вероятность выполнения планов по номенклатуре в заданные сроки при ограничении на производственные ресурсы.

Справедливости ради следует отметить, что далеко не все экономисты признают существование глобального критерия. Некоторые из них исключают даже возможность использования для оценки деятельности НИИ и КБ только одного показателя, каким бы обобщающим, по мнению некоторых авторов, он ни был [18]. Тем самым система показателей выдвигается как альтернатива одному обобщенному показателю, что фактически делает невозможным принятие решения.

4. Логические требования к показателям

Выбор показателей оценки считается наиболее ответственным этапом разработки методики оценки вариантов решений. Следует осуществить этот выбор с учетом как логических, так и системно-тематических требований. По поводу характера логических требований, помимо изложенных в [5], приведем еще некоторые высказывания: «Необходимо, чтобы набор был *полным* (т.е. добавление новых критериев и оценок по ним не влияло на результат); смысл каждого критерия – *понятным и однозначным* (для лица, принимающего решение, и экспертов, оценивающих варианты); интервалы между оценками по каждой шкале -не *слишком малыми* (во избежание трудностей при оценке вариантов проекта),

но и *не очень большими*, чтобы оценки не получались слишком грубыми).»(19). Здесь авторы отождествляют критерий и показатель.

«Критерий (целевая функция, показатель операции) должен отвечать следующим основным требованиям: он должен быть *представительным*, *критическим* к исследуемым параметрам, по возможности простым» [11]. В данном случае под представительностью понимается оценка основных аспектов задачи. Критичность состоит в значительных изменениях числового значения критерия или показателя при сравнительно малых изменения- исследуемых параметров.

Одно из наиболее важных требований – *независимость* показателей, когда оптимум набора вариантов по одному из них не влияет на его оценку по другим, или, по крайней мере, это влияние на момент оценивания остается неизвестным.

Удовлетворение требований полноты и независимости показателей на практике получить трудно. Полнота может быть обеспечена использованием системного подхода. Что же касается независимости, то здесь разработки ведутся по изучению способов учета зависимостей между показателями с фиксацией этих зависимостей при помощи матриц актуализации [20].

5. Системные требования к показателям

Совокупность системных требований позволяет выявить полный набор показателей, их смысловое содержание.

В многочисленных работах, посвященных проблемам планирования НИР и ОКР, даются разнообразные предложения относительно характера и содержания показателей оценки, но лишь некоторые из них основаны на системных предпосылках. В работе [21] предлагается делить показатели на технические, экономические и технико-экономические, а в работе [22] (интересной тем, что уже в 1932 г. ставились вопросы, занимающие сейчас умы многочисленных исследователей) выводится пять обобщающих показателей оценки: научно-познавательная, социально-политическая, технико-экономическая, воспитательно-педагогическая, а также эстетико-эмоциональная значимость.

В ходе дальнейших исследований по различным причинам – сложности конкретизации содержания и формализации показателей и др. – основное внимание уделялось лишь показателям, характеризующим экономический эффект работ. При этом создавалось впечатление, что экономический эффект может служить универсальной мерой полезности. Вообще говоря, подобная точка зрения может считаться идеально обоснованной, так как результат любого вида человеческой деятельности, если считать ее полезной, если она отвечает поставленным требованиям,

должен был бы входить в сферу товарного обмена как практическая форма удовлетворения потребности.

Однако далеко не все результаты человеческого труда (особенно научного) практически оказываются в этой сфере, тогда как методики определения экономического эффекта разрабатываются экономистами лишь для тех продуктов труда, которые попадают в сферу товарного обмена. Поэтому последнее время во многих работах по исследованию результативности научного труда наряду с экономическим эффектом рассматриваются и другие виды оценок значимости, коррелирующих с указанными в работе [22] пятью обобщающими показателями.

Отмеченные выше системные требования к набору показателей, касающиеся оценок чистого эффекта разработок, должны быть дополнены требованием учета фактора времени, от которого в значительной степени зависит характер эффекта. Сумма этих требований позволяет ориентировочно установить нижнюю границу набора локальных критериев и показателей.

Для ограничения их количества сверху необходимо удовлетворить еще два системных требования. Первое заключается в обеспечении строгого соответствия между содержанием показателей и поставленной целью. Иными словами, надо расширить объем формулировки «цель деятельности», приблизить ее к «цели стремления», а затем, получив более осознанное и ясное представление о последней, построить адекватную группу показателей оценки. Второе требование в определенном смысле противоположно первому. Оно состоит в необходимости включения в общий набор таких показателей, которые определяют реальную возможность достижения поставленной цели. Это вынуждает уменьшить объем цели стремления до объема цели деятельности. Оба требования выражают диалектику взаимосвязи целей и критериев, позволяя оптимизировать как объем реальной цели, так и количество используемых для оценки критериев.

6. Дерево критериев и показателей

Одним из основных методологических инструментов программной организации и управления исследованиями и разработками являются различные графы, отражающие разнообразные аспекты деятельности по принятию решений как на этапе планирования, так и на тапе реализации программ. Чаще всего эти графы имеют вид деревьев.

По мере развития практики программного планирования наряду с традиционными, справедливо критикуемыми деревьями целей [2], появились и другие. Так в работе [21[предлагается на основе дерева цели строит дерево выходного эффекта. Совместно с деревом затрат оно позволит, по мнению авторов, построить дерево критериев, отражающее

связь между эффектом и затратами. Здесь целесообразно также рассмотреть следующую логическую цепь: дерево задач – дерево альтернатив – дерево критериев.

Дерево задач, строящееся на основе использования логической функции и отражающее структуру всех задач, решение которых необходимо для реализации программы, представляет собой (при строгом соблюдении правил построения) двумерный направленный граф. По мере разукрупнения задач на каждом уровне дерева образуются независимые друг от друга группы задач, замыкающиеся (объединяемые) на одну задачу верхнего уровня (если дерево разворачивается сверху вниз).

Дерево альтернатив и дерево критериев представляют собой не менее, чем трехмерные графы, где в качестве третьего и большего измерений выступают совокупности вариантов, замыкающихся на конкретную задачу данного уровня, и, соответственно, совокупности локальных критериев и признаков, замыкающихся на обобщающий критерий эффективности (глобальный критерий), адекватный той же самой задаче.

Набор обобщающих критериев эффективности по всем задачам, входящим в данную группу на определенном уровне дерева, в свою очередь представляет собой совокупность локальных критериев, замыкающихся на обобщенный критерий эффективности, соответствующий набору вариантов задачи более высокого уровня. Таким образом, возникает иерархия мер оценок, образующих дерево критериев и показателей. Реализация изложенных выше логических и системных требований к критериям должна осуществляться в пределах каждого отдельного набора локальных критериев и показателей с учетом характера задачи, варианты решения которой оцениваются с помощью этого набора. Ряд близких положений по идеологии дерева критериев приведены в [23].

Практическая методика построения дерева критериев и показателей отличается от методики построения дерева задач, поскольку здесь не удается строго придерживаться линии развертывания дерева, например, сверху вниз. В данном случае необходимо связать воедино два встречных направления. Первое – сверху вниз – характерно для верхних уровней дерева, адекватных самым верхним уровням дерева задач, в котором по мере перемещения с уровня на уровень сформулированные глобальные критерии расчленяются на локальные. Второе направление – снизу вверх – свойственно нижним уровням дерева. Здесь, наоборот, по мере перемещения с уровня на уровень приходится формулировать локальные критерии и показатели, решая затем трудную задачу их объединения в обобщенные критерии эффективности. Безусловно проблема стыковки этих встречных движений может быть разрешена лишь с помощью нескольких итераций, в процессе которых уточняется структура, формулировка, количество критериев и показателей.

Заключение

Анализ ряда аспектов исследования проблемы «критерии оценки» применительно к системному анализу позволил выделить основные теоретические положения, которыми целесообразно пользоваться в практике оценивания. Прежде всего, критерий определяется как мера оптимальности отношения эффекта к затратам и в качестве инструмента связи между целью и средствами при наличии ограничительных условий. Предлагается меру чистого эффекта, часто выдаваемую за критерий, считать показателем. Выдвигается ряд методологических принципов и требований логического и системного характера, позволяющих не только ввести понятия глобальный критерий, локальные критерии и показатели, но и представить систему мер оценок в виде дерева критериев, адекватного дереву задач и дереву альтернатив.

Тема критериев находит отражение в Интернете [24, 25, 26].

Список литературы

1. Волкова В.Н., Чабровский В.А. Цель: прогнозирование, анализ, структуризация. Санкт-Петербург, 1995. Ассоциация прогнозистов Санкт-Петербурга. 113 с.
2. Вапнэ Г.М. Методологические проблемы построения «дерева целей». Системный анализ в проектировании и управлении, труды VIII Международной научно-практической конференции, часть 1, Санкт-Петербург, 2004. с. 11-17.
3. Вапнэ Г.М. О единстве и единственности цели, варианта и критерия,.
Системный анализ в проектировании и управлении, труды VIII Международной научно-практической конференции, часть 1, Санкт-Петербург, 2004. с. 56-59.
4. Добров Г.М. Критерий выбора – комплексная проблема науковедения. – «Вопросы философии» 1969, N 3.
5. Ивин А.А. Основания логики оценок. М. Изд-во МГУ, 1970. 337 с.
6. Трубников Н.Н. О категориях «цель», «средство», «результат». М. Высшая школа, 1968. 147 с.
7. Озерной В.М. Принятие решения – Автоматика и телемеханика, 1971, т.32, вып. 11.
8. Шедрина Т.Н. Совершенствование планирования научных исследований на основе оценки их значимости. Автореферат на соискание ученой степени. Институт экономики АН УССР, Киев, 1972.
9. Добров Г.М., Кухтенко Т.А., Щедрина Т.Н. Аналитический подход к формированию таматических планов НИИ – Науковедение и информатика,1972, №7.
10. Радвик Б. Военное планирование и анализ систем. М. Воениздат, 1972.
11. Чуев Ю.П., Спехова Г.П. Технические задачи исследования операций. М. Соврадио, 1971. 244 с.
12. Fishburn P.S. Models of estimating additive utilities. Management Science, 1967, v.13, №7.
13. Архангельский Е.А. К вопросу об определении понятия «система» и «критерий эффективности» в технике. Известия ЛЭТИ, 1972. № 107.
14. Федоренко Н.П., Майминас Е.З. К организации процессов принятия экономических решений – Вопросы экономики, 1971, № 3.
15. Вилкас Э.Й., Майминас Е.З. К проблеме сложных решений, - Кибернетика, 1968, №5.
16. Волкович В.Л. Многокритериальные задачи и методы их решения – Кибернетика и вычислительная техника, 1969, вып. 1.

17. Бедняков В.Т. О выборе критерия управления промышленным предприятием. В сб. «Разработка и внедрение АСУП на предприятиях Ленинграда и Ленинградской области», Л. ЛДНТП, 1971. 18. Башин М.Л. Критерии эффективности отраслевых НИИ и КБ. Вопросы экономики, 1973, №1.

19. Рафт М.Г., Ларичев О.И., Озерной В.М.. Метод принятия решений о выборе наиболее предпочтительных вариантов проекта сложной системы,. Приборы и и системы управления, 1973, № 6.

20. Анисимов А.,Зарубин Г. К вопросу о критерии при прогнозировании эффективности исследовательских и проектно-конструкторских работ. В сб. «Теория и практика прогнозирования развития науки и тезники в странах-членах СЭВ», М., Экономика, 1971.

21. Иозайтис В.С., Бригиневич С.А. К вопросу выбора критериев эффективности при проектировании больших информационных комплексов. В сб. «Систематехника», Киев, ИК АН УССР, 1971.

22. Струмилин С.Г. К методологии учета научного труда. Л. Изд-во АН СССР, 1932.

23. Сторожук О.А. К вопросу о создании системы оценки результатов научной деятельности в отрасли. Труды конференции по электронной техзники, вып. 11(37), ЦНИИ «Электроника», 1971.

24. https://ru.wikipedia.org/wiki/Критерий/

25. https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_economic_law/7103/КРИТЕРИИ.

26. https://moodle.ggau.by/mod/page/view.php?id=424.

УДК 303.732

Базилевич Леонид Анатольевич,
д-р экон. наук, профессор

СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ВИВАТ (ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ ВИРТУАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ В ТЕМПЕ)

USA, Stevens Institute of Technology
leonabazil@gmail.com

Аннотация. Обучение управлению должно учитывать отсутствие у большинства студентов опыта работы в коллективе. Системный подход к этой проблеме заключается в развитии у них навыков сбора, анализа и представления информации для принятия и исполнения решений. В статье предложена система интеграции индивидуальных способностей и интересов студентов через их групповое взаимодействие к командному проекту и докладу. Для вовлечения в процесс обучения бакалавров используются их персональные данные, для магистров и специалистов предпочтительна статистика предприятий. Методика ВИВАТ проверена нами на курсах деловой статистики, микроэкономики, организационного управления и международного бизнеса. Приводятся примеры разработанных и адаптированных автором упражнений, проектов и деловых игр, использованных в вузах, школах бизнеса и корпоративных учебных центрах России, Эстонии, Англии и США.

Ключевые слова: Оперативное, организационное и административное управление; личная, групповая и командная активность; сотрудничество, соревнование и конкуренция; упражнения, деловые игры и проекты.

Leon Bazil,
Dr. Econ.Sci., professor

SYSTEM OFMANAGEMENT TRAINING – VIVAT (VISUALIZATION OF INFORMATION THROUGH VIRTUAL ACTIVITY IN THE TEMP)

USA, Stevens Institute of Technology
leonabazil@gmail.com

Abstract. Management training must consider insufficient experience of collective work for the majority of students. System approach to this problem needs in training them in collecting, analysis and presentation of data for business decisions. We present the system of integration student's individual interests and capabilities through their groups interaction to completion of team reports and presentations. On the baccalaureate level we use their personal data, on the masters and specialists level we prefer business data. VIVAT methodology was tested for the courses of business statistics, microeconomics, organizational management and international business. We demonstrate examples of exercises, projects and business games which we adopted and designed for teaching in colleges, business schools and corporate training centers in Russia, Estonia, England and USA.

Keywords. Operational, organizational and executive management; personal, group and team activities; cooperation, coordination and competition; exercises, business games and projects.

Введение

В статье предлагается система интеграции индивидуальных способностей и интересов студентов через их групповое взаимодействие к командному проекту и докладу. Системный подход к этой проблеме заключается в развитии у них навыков сбора, анализа и представления информации для принятия и исполнения решений. Для вовлечения в процесс обучения бакалавров используются их персональные данные, статистика предприятий. Методика ВИВАТ проверена на курсах деловой статистики, микроэкономики, организационного управления и международного бизнеса. Приводятся примеры разработанных и адаптированных автором упражнений, проектов и деловых игр, использованных в вузах, школах бизнеса и корпоративных учебных центрах России, Эстонии, Англии и США.

1. Уровни управления различными системами

Термины «управление» и/или «менеджмент» широко используются при обучении социально-экономическим дисциплинам. Мы опреде-

лим три тесно связанных уровня управления:

1. Контроль технологических и экологических систем или **оперативное управление.**
2. Управление персоналом в технологических и экономических системах или **организационное управление.**
3. Регулирование экономических и социальных систем или **административное управление.**

Мы остановимся на методах обучения второго, «человеческого» уровня управления, при обучении бакалавров, магистров и специалистов в вузах, профессиональных школах бизнеса и корпоративных центрах. В большинстве случаев начальный уровень ответственности выпускников вузов находится на уровне организационного управления. Бакалаврами они становятся в 21-24 лет, не имея опыта руководства даже своими поступками, а тем более, другими людьми. Это же относится и к большинству магистров, обучающихся очно. Степень специалиста предполагает наличие некоторого профессионального опыта, тоже не всегда связанного с руководством коллективами. Обучением контроля технологических и экологических систем занимаются 2-4-х-летние колледжи и тренировочные центры предприятий. Их выпускники становятся операторами сложных систем с обратной связью, например, энергетических и транспортных систем. А административному управлению учат в высших школах бизнеса и права специалистов, выдвигаемых на руководящие должности директорского уровня.

2. Методы обучения организационному управлению

Обучение управлению неопытных студентов классическим дидактическим способом наименее эффективно. Успеха может достигать харизматичный опытный профессор – оратор, умеющий увлечь своим творчеством молодежную аудиторию [3]. Подобного результата может достигнуть и рядовой преподаватель, использующий современную мультимедийную систему видеоклипов, компьютерных имитаций и деловых игр, но которую не каждый вуз может себе позволить. Однако ни блестящий профессор, ни совершеннейшая система искусственного интеллекта не могут научить студента главному в управлении персоналом: общению с людьми и организации коллектива. Подобно «сухому» обучению плаванию, теоретическое познание организационного управления в лучшем случае подготовит аспиранта, предлагающего прекрасные модели управления воздушными замками.

Обучение управлению включает две составляющие, академическую и прикладную:

Академическая составляющая включает Психологию Обучения, Теорию Систем и Информационное Поле [4], Оптимизационные и Ими-

тационные Модели [1].

Прикладная составляющая включает Индивидуальные и Групповые Упражнения, Тесты и Экзамены, Деловые Игры и Проекты. Наиболее современным и эффективным методом обучения управлению являются деловые игры. Арсенал деловых игр включает настольные, видео и компьютерные, а также полевые игры. Наибольшее распространение в вузах получили настольные игры типа *МОНОПОЛИЯ и BEER* [8]. Для обучения управлению также пригодны компьютерные игры серий *TYCOON и SIM* [2]. Игры смешанного типа *CAPSTONE* [6] получили распространение для обучения магистров и специалистов. Полевые игры типа *LEADERSHIP in MANAGEMENT* или *APPRENTICE* [2] могут себе позволить лишь хорошо оснащенные школы бизнеса и учебные центры больших корпораций.

Методика ВИВАТ соединяет передовые достижения психологии обучения с современной информационной технологией; она учитывает возможности конкретного вуза. Эта методика отработана в первую очередь для обучения бакалавров и магистров – недавних школьников, не имеющих производственного опыта. Мы также опробовали её для уровня специалистов, начинающих управлять трудовыми коллективами. Адаптация методики к конкретным целям и условиям происходит через выбор доступных средств – от бумажных анкет и видеоигр и до мультимедийных учебных комплексов. Типичный вуз может открыть многие новые возможности за счёт творческих усилий самих студентов, в большинстве оснащенных персональными компьютерами.

Главная сложность состоит в привязке методики ВИВАТ к стандартному расписанию занятий, когда упражнения и особенно деловые игры теряют темп из-за недельных перерывов или изменения состава участников. Это требуется компенсировать внеклассными формами прежде всего, групповой и командной работы, построенной на общей заинтересованности и взаимной оценке студентов.

Вовлечение студента в специфику предмета обучения управлению начинается с обмена с другими студентами его/её персональной или деловой информацией. Данные предоставляются устно, анкетно, через интервью, таблично или графически. Это необходимо для построения базы данных, доступной всем студентам класса, для формирования групп и команд по разработке проектов. Группы из 2-3 студентов включают соседей по парте, команды из 4-6 человек организуются преподавателем. Состав команды должен отражать структуру класса – включать представителей разных демографических и культурных групп – делая соревнование равносильных команд справедливым. Деловые игры также обеспечивает объективную оценку результатов работы студентов различных

интересов и способностей (рис. 1).

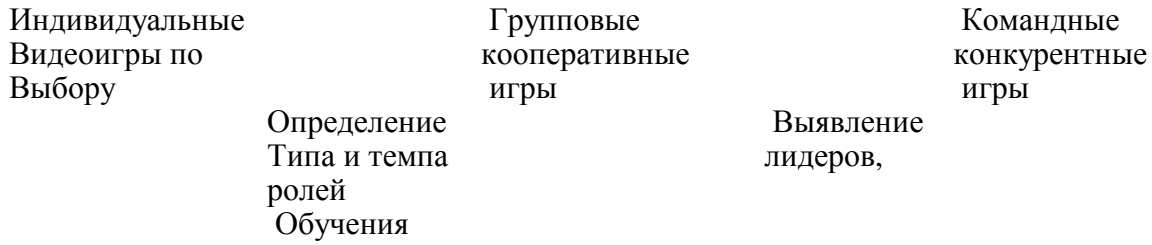


Рис. 1. Идеальная последовательность обучения управлению

Последовательное накопление данных повышает интерес и мотивацию студентов и вовлекает их в общую работу по подготовке проекта. В процессе таких упражнений студенты знакомятся друг с другом в группах, а преподаватель набирает данные для формирования состязательных команд равных возможностей. Они начинают работать вместе над проектом как в учебное время, а также, что важнее всего, общаться и вне расписания. Типовая структура семестра представлена в табл. 1:

Предлагаемая структура курса позволяет последовательно вовлекать студента в проблематику организационного управления, мотивировать на накопление, визуализацию и анализ данных, а преподавателю суммировать их индивидуальные и взаимные оценки. Для этого начиная со второй недели каждый студент обязан представлять как минимум один самостоятельно построенный слайд или видеоклип по теме недели. Эти слайды оцениваются по сложности, оригинальности и пригодности для включения в проект по выбранной теме.

Таблица 1

Календарный план занятий

Неделя	**Содержание занятий**
1-2	**Индивидуальное** анкетирование, демонстрация и отбор видеоигр и имитационных моделей для выяснения интересов и способностей студентов
3-4	**Групповая** взаимная оценка коммуникабельности, обучаемости, состязательности и лидерства студентов
5	**Тест 1** и формирование команд
6-10	**Командные** упражнения и деловые игры с подготовкой и представлением проекта
11	**Тест 2** и редактирование проектов
12-13	**Доклады** и оценка проектов
14	**Экзамен** по курсу

В конце семестра команда выбирает для доклада классу лучшие иллюстрации.

3. Методика ВИВАТ

Визуализация **И**нформации через **В**иртуальную **А**ктивность в **Т**емпе **/ВИВАТ/** представляет собой систему вовлечения студента в управление коллективом своих товарищей для достижения конкретного результата. Подростка, выросшего на спортивных и видео-играх нужно заинтересовать перспективой представления конкурентного результата его командой. Это особенно трудно в классах разнообразного состава, образованных самозаписью на данный предмет, однако требует внимания и для классов постоянного состава. С первого же занятия в классе должна быть создана атмосфера активного взаимодействия, творчества и состязательности. Это достигается вовлечением в работу по максимально наглядному представлению себя студентами друг другу и преподавателю.

Выпускники средней школы способны на мультимедийное представление данных о себе, о семье, друзьях, производстве и бизнесе. Для большинства из них, а во многих вузах и от всех студентов требуется использование настольных компьютеров или планшетов. Студенты быстро находят необходимую для обсуждения и принятия решений информацию через поисковые системы. Это также обеспечивает высокий **Т**емп проведения занятий, особенно, деловых игр.

Виртуальная **А**ктивность заключается в постоянном вовлечении студентов в работу по управлению созданием информационных и физических продуктов. На лекции это заключается в заполнении настольных и/или экранных таблиц и графиков по заданным схемам, алгоритмам и образцам. Результатом групповых упражнений по управлению качеством могут быть бумажные игрушки или объёмные модели типа ЛЕГО. Командные результаты представляются в виде проектов и докладов. Учебные материалы должны использовать весь спектр визуализации и виртуализации – от разнообразия цветных продуктов и диапозитивов до музыкального сопровождения доклада.

Наглядные результаты работы студентов в виде словесных упражнений, бумажных игрушек или конструкций ЛЕГО одновременно приводят к накоплению данных, необходимых для деловых игр. Такая статистика включает результаты участия студентов в выбранных ими самими видеоиграх, предпочтительно с быстрыми результатами, взаимно фиксируемыми в группах. Примером таких игр являются *ТЕТРИС, Paper Balls* и различные целевые упражнения. По их результатам выявляются индивидуальные способности и предпочтения студентов, необходимые преподавателю для формирования полноценных команд.

Темп обучения поддерживается визуальным представлением классу в начале курса каждой группой а затем и каждой командой очередной информации по изучаемой теме. Это короткие доклады с наглядной иллюстрацией полученных результатов слайдами, которые в конце семестра могут быть включены в командный проект. Каждый слайд помечен именами его авторов, что позволяет студентам чувствовать темп накопления ими оценок их работы. Поэтапная разработка и представление классу глав проекта, основанного на общей базе данных создает атмосферу соревновательности и сотрудничества.

Материал курса должен быть представлен тематическими блоками, состоящими из вводных лекций, групповых упражнений и деловых игр. Лекции должны быть иллюстрированы наглядными прототипами, дающими студентам пример визуализации материала к командному проекту, основанному на их персональных данных. В курсе статистики это анализ факторов успешной учёбы, в курсе микроэкономики это прогноз роста семейного бюджета, в курсе управления производством или сервисом это повышение производительности и качества виртуальных результатов.

Примеры

Применение методики ВИВАТ требует организации учебного пространства, способствующей активному взаимодействию студентов и преподавателей. Наиболее соответствующей этому требованию является модульная мебель типа предложенной профессором И.М. Сыроежиным [7]. Передвижные столики трапециевидной формы могут формироваться в групповые и командные рабочие места различного размера.

Начало класса микроэкономики происходит построением модели спроса на продукт повседневного потребления, выбранный самими студентами. Каждый студент заполняет график персонального спроса на продукт при разных уровнях цен. Затем они суммируются горизонтально группами по 2-3 соседствующих студентов, а потом один из студентов суммирует их для класса, что приводит к построению модели кривой спроса.

Методика ВИВАТ предусматривает визуальное представление информации в виде графиков, схем, таблиц одновременно с расчетами показателей по формулам и алгоритмам. Зрительная память более прочная, она ускоряет расчеты и особенно, понимание моделей управления. Например, порядок действий в игре *Worlds-in-Sentences* (*Сборка Предложений)* представлен студентам блок-схемой.

Наименее правильным является обеспечение студентов расчетными инструментами, мгновенно выдающими готовый результат. Это прежде всего относится к оптимизационным моделям, не позволяющим

студенту оценить последствия *его* решений [3]. Ему необходимо принять правильное решение, проверенное на имитационных моделях управления, отделить результаты воздействия не зависящих от него случайных факторов от действий товарищей по команде. Такие модели должны быть визуализированы для большего понимания развития ситуации. Так, например, большинство расчётов в игре КиберМаркет проводятся на номограммах.

Визуализация учебных материалов также предполагает творческое использование фото- и видео-документов, фрагментов художественных и музыкальных произведений. Так, например, в нашей игре по микроэкономике в ролях потребителей и бизнесов используются персонажи песни Битлов *Обла-ди-Обла-да* [2].

Заключение

Диверсификация системы высшего образования России позволяет вузам самостоятельно разрабатывать инновационные методики преподавания. Любимое приветствие петровских времён ВИВАТ! может сделать обучение управлению более привлекательным и для студентов Политехнического Университета Петра Великого.

Список литературы

1. Базилевич Л.А., Автоматизация организационного проектирования, Л. *Изд-во Машиностроение»,* 1980.

2. Bazil, Leon “Business Games for Management and Economics: Learning by Playing”, *World Scientific Publishers»,* Singapore, 2012.

3. Волкова В.Н. Пo*с*тепенная формализация моделей принятия решений, СПбГПУ, С-Петербург, 2006.

4. Денисов А.А.Теоретические основы кибернетики: Информационное поле.-.Изд-во ЛПИ, 1975.

5. Кавтарадзе Д.Н. **“** Опыт преподавания курса "Имитационные игры по экологии и охране окружающей среды" // Тез. докл. II конференции по копсихологии. М.: изд. РАО, 2000.

6. Keys B. “Organizations Advancing Business Simulation and Experiental Learning”, *Guide to Business Gaming and Experiental Learning, Nichols/GP Publishing,* 1990.

7. Сыроежин И.М. “Теория хозяйственных систем”. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 1976.

8. Sterman, John, *Modeling for Learning Organizations.* MIT Press, Edited with John D.W.Morecroft, 1994.

УДК 339.92 (075)

Скопин Алексей Юрьевич,
доктор географических наук, профессор

СИСТЕМНАЯ СТРАТЕГИЯ РОССИИ В КОНТЕКСТЕ ДИНАМИКИ МИРА И ЕВРАЗИИ

Москва, Московский гуманитарный университет,
alex_skopin@mail.ru

Аннотация: Россия является частью Евразии и частью мировой системы. Определение стратегии развития страны на ближайшие десятилетия должно основываться на системном прогнозе динамики дальнего окружения (мировая система), а также среднего и ближнего окружения (Евразия). В статье рассматриваются главные тренды мировой системы в 2000-2030 гг., основные проблемы России и Евразии и предлагаются базовые идеи для системной стратегии развития России.

Ключевые слова: системный прогноз, системная стратегия, будущее мира и Евразии, будущее России, трансконтинентальная инфраструктура, суперконфедерации, цивилизационные разломы, проблема внешнего вмешательства.

Skopin Alexey Jurievich,
Doctor of Geography, Professor

SYSTEM STRATEGY OF RUSSIA IN THE CONTEXT OF WORLD AND EURASIAN DYNAMICS

Moscow, Moscow Humanitarian University,
alex_skopin@mail.ru

Abstract: Russia is part of Eurasia and part of the world system. The definition of a country's development strategy for the coming decades should be based on a systemic forecast of the dynamics of the far-field environment (world system), as well as the middle and near-environment (Eurasia). The article discusses the main trends of the world system in 2000-2030, the main problems of Russia and Eurasia, and proposes basic ideas for a systematic strategy for the development of Russia.

Keywords: system forecast, system strategy, future of the world and Eurasia, future of Russia, transcontinental infrastructure, superconfederation, civilizational faults, problem of external intervention.

Введение. Системное прогнозирование.

Отличие системного от несистемного прогнозирования состоит в том, что в системном прогнозировании одновременно учитываются три типа параметров изучаемого объекта–системы: - структурные, функ-

циональные и динамические, а также связь объекта с окружающей средой (ближнее, среднее и дальнее окружение).

В случае с Россией как системой мы должны учитывать ее структурные (Природа, Общество, Экономика, Управление; европейская, азиатская части) параметры, функциональные параметры (отношения Центр-Периферия) и динамические параметры (рост, развитие, стабилизация, деградация, уменьшение). Аналогичным образом можно прогнозировать состояние Евразии и мира.

1. Динамика мировой системы в 2000-2030 гг.

Рассмотрим структурные, функциональные и динамические параметры мировой системы в 2000-2030 гг. К основным структурным параметрам относится изменение глобальной природы, общества, экономики, управления, а также изменения континентов. Глобальная природа демонстрирует деградацию и увеличение амплитуды всех краткосрочных колебаний природных процессов, что осложняет прогнозирование. Глобальное общество снижает темпы естественного прироста (с 1.2% до 1% в год) и увеличивает миграционные потоки между континентами. Глобальная экономика снижает темпы прироста с 2.5 до 2% в год и порождает многочисленные микрокризисы. Глобальное управление (ООН) демонстрирует полную беспомощность в организации коллективных действий на планете для решения нарастающих проблем. Отношения между Центром (США) и Подцентрами (Европа, Россия, Китай, Индия, Бразилия, Япония и др.) обостряются. Однополярная модель мирового порядка ведет мир к военному противостоянию, застывшему в трех минутах от Апокалипсиса. Динамические параметры разнонаправлены (от роста экономики до деградации природы), что подтверждает самоедский характер функционирования мировой системы. В 2020-2030 гг. все перечисленные тренды усилятся, что создает в целом негативный глобальный фон для функционирования России.

2. Динамика Евразии в 2000-2030 гг.

В целом, динамика Евразии более позитивна, чем мировая динамика. Темпы прироста населения Евразии составят 0.8% в год, а темпы экономического роста – 3.5% в год, что делает Евразию наиболее успешным экономическим континентом. Поскольку темпы экономического роста Азии превысят 4% в год, социально-экономическое выравнивание между Европой и Азией ускорится. Управляемость Евразией существенно выше, чем мировой системы, особенно благодаря Европейскому Союзу, ШОС, АСЕАН и другим достаточно успешным интеграционным объединениям. Функционально Евразия всегда была многополярной. Здесь нет борьбы центров за однополярное лидерство. Состояние природной среды существенно различается внутри Евразии. В Европе оно

может быть признано удовлетворительным, в то время как в Индии и Китае сформировался глобальный полюс индустриального загрязнения. В то же время, обширные пространства и уникальные природные ресурсы создают достаточный потенциал для социального и экономического развития. Казалось бы, у Евразии не существует серьезных проблем в будущем.

Однако основные проблемы Евразии в 2020-2030 гг. будут связаны с внешним вмешательством США. Штаты будут провоцировать конфликты между КНДР и Южной Кореей, с последующим втягиванием в этот конфликт Японии, Китая и России. Также будут спровоцированы конфликты в Южно-Китайском море, в Кашмире (с участием Индии и Пакистана), в Центральной Азии (с участием ИГИЛ), на Ближнем Востоке (с участием Израиля, Ирана и Саудовской Аравии), в Закавказье и Восточной Европе (с участием России и сопредельных стран). Таким образом, важнейшая проблема Евразии состоит в предотвращении вмешательства США.

Это можно сделать только в случае формирования Евроазиатского политического сообщества, как евроазиатского аналога ООН, с участием России, Китая, Индии, Японии, Ирана, Саудовской Аравии, Германии, Италии, Франции, Турции, Казахстана, Узбекистана, Пакистана, Индонезии, Вьетнама и других стран в качестве ключевых участников. Штабквартира такого сообщества может быть размещена в Казахстане, как географическом центре Евразии.

3. Динамика России в 2000-2020 гг. и базовые идеи для стратегии развития в 2020-2030 гг.

В отличие от мирового и евроазиатского населения, естественное сокращение численности населения России составляет 0.1% ежегодно. Однако включение в состав России Крыма сразу увеличило общую численность населения более чем на 2 миллиона человек. Не исключено аналогичное увеличение численности и в ближайшем десятилетии за счет других приграничных территорий, или за счет ускоренной миграции в Россию населения этих территорий. При этом темпы экономического роста составляют около 1% в год. Это позволяет говорить о стагнации социально-экономической ситуации, усугубляющейся нарастающим неравенством доходов, сокращением среднего класса, сокращением инвестиций и другими проблемами. Политическая система страны также погрузилась в однопартийную стагнацию, экологические проблемы нарастают в связи с реализацией ресурсной экономической модели. Внешнеэкономические связи со стагнирующей экономикой Европы не позволяют рассчитывать на значительный рост экспорта. Переориентация на Восточную, Южную и Юго-Восточную Азию проходит крайне медлен-

но. В целом, за 2000-2020 гг. страна приблизилась к модели «нулевого роста». Для выхода из сложившейся ситуации необходимы достаточно смелые изменения во внутренней и внешней политике.

Во внутренней политике должны произойти кардинальные изменения. Необходимо многопартийное правительство, имеющее сильный социальный блок и гениальный экономический блок. Необходимо отменить пенсионную реформу, повышение НДС и других налогов и постоянно повышать доходы населения, формирующие внутренний спрос. Необходимо кардинально бороться с расхищением и неэффективным использованием бюджетных средств. Необходимо создать полную свободу для индивидуального предпринимательства и малого бизнеса. Мошенничество и силовое преследование бизнеса должно строго наказываться.

Во внешней политике необходимо четко выделить евразийскую и мировую политику. В евразийской политике России ключевые приоритеты это создание трансконтинентальной инфраструктуры, развитие суперконфедерации Россия-Китай с участием Германии и Италии, политическая стабилизация Евразии за счет создания евроазиатского аналога ООН, экономический рост и экспорт, ориентированный на Азию, расширение азиатского сотрудничества по всем возможным направлениям, ликвидация цивилизационных разломов в Евразии, особенно на стыках русско-советской цивилизации.

В мировой политике ключевыми приоритетами являются вытеснение США из Евразии и создание зоны безопасности, включающей Евразию и Северную Африку, а также создание альтернативной мировой валютно-финансовой системы, развитие отношений с Африкой и Латинской Америкой, поддержка общественных и социальных движений, выступающих за социальную справедливость и бережное отношение к природе. Россия должна выполнять функцию ответственного лидера, поддерживающего стабильность и создающего возможности устойчивого развития мировой системы.

Список литературы

1. Мануэль Кастельс. Информационная эпоха. М.: ГУ-ВШЭ, 2000, с.435-513

2. Ноам Хомский. Оптимизм вопреки отчаянию. М.: РИПОЛ классик, 2018. 287 с.

3. Системный анализ и принятие решений. Словарь-справочник. Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004 – 616 с.

4. Скопин А.Ю. Международные организации. М.: ГУ-ВШЭ, 2007, 492 с.

5. Стратегический глобальный прогноз 2030. (под ред. акад.А.А. Дынкина) ИМЭМО РАН. М.: Магистр, 2011, 477 с.

УДК 303.732

Данчул Александр Николаевич,
д-р. техн. наук, профессор, профессор

ПРОГРАММА «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»: АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОПИСАНИЯ

Москва, Московский городской университет управления
Правительства Москвы,
adan51@yandex.ru

Аннотация: Рассмотрена расширенная по сравнению со стандартом ISO/IEC/IEEE 42010:2011 концептуальная модель описания архитектуры системы. На основе анализа текста программы "Цифровая экономика Российской Федерации» построены элементы ее архитектурного описания, связанные с соотношениями различных концептов. Предлагается архитектурный конфигуратор описания программы. Указываются основные соотношения, таблицы которых должны быть составлены и проанализированы при использовании этого конфигуратора.

Ключевые слова: цифровая экономика, архитектура системы, описание архитектуры.

Alexander N. Danchul,
Doctor of Engineering Science, professor, professor

THE PROGRAM "DIGITAL ECONOMY OF THE RUSSIAN FEDERATION": ANALYSIS BASED ON ARCHITECTURAL DESCRIPTION

Moscow, Moscow City univercity of management of the Moscow Government
adan51@yandex.ru

Abstract: The conceptual model of the system architecture description extended in comparison with the standard ISO/IEC/IEEE 42010:2011 is considered. Based on the analysis of the text of the program "Digital economy of the Russian Federation" the elements of its architectural description associated with the relations of different concepts are constructed. Proposed architectural Configurator descriptions of the program. The main relations, tables of which should be compiled and analyzed when using this Configurator, are specified.

Keywords: digital economy, architecture of system, architecture description.

В сентябре 2017 г был введен в действие национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011 [1], фактически являющийся переводом соответствующего международного стандарта [2]. Основной идеей концептуальной модели описания архитектуры (architecture description) любой программно-насыщенной

системы по этому стандарту является выделение перечня заинтересованных лиц (участников, stakeholders), имеющих специфические интересы (concerns) по отношению к рассматриваемой системе (system-of-interest), оформляемые в виде точек зрения (viewpoints), устанавливающих соглашения, необходимые для дальнейшего создания, интерпретации и использования архитектурных представлений (view) системы.

С точки зрения теории систем эта основная идея означает, что рассматриваются сложные активные системы (САС), в которых имеется несколько субъектов деятельности с общим объектом деятельности.

Различным точкам зрения участников на систему соответствуют наборы определенных видов моделей (model kind); совокупности моделей этих видов составляющих отвечающее этой точке зрения представление (view) системы, отражающее некоторый набор ее свойств и связей.

В работе [3] были рассмотрены возможности и ограничения использования этой концептуальной модели (метамодели) описания архитектуры для описания различных архитектурных фреймворков. Для снятия этих ограничений, в частности поддержки возможности описания многомерных архитектур в [4, 5] было предложено ввести в концептуальную модель новую группу элементов архитектурного описания.

Основным из них является концепт «architecture frame» (архитектурный каркас) – часть архитектурного описания, отражающая архитектуру системы с точки зрения ее аспектных подсистем, описываемых на различных уровнях, и их согласования, а также структурирующий (frames) в соответствии с ними системные интересы (concern). Архитектурный каркас включает в себя три элемента архитектурного описания, которые регламентируют (governs) архитектурные точки зрения (architecture viewpoint):

- класс «architecture configurator» (конфигуратор), определяющий наборы аспектов, используемых различными участниками;

- класс «architecture level» (уровень), определяющий наборы уровней описаний, используемых для различных аспектов;

- класс «frame correspondence» (соотношение в каркасе) – класс, выделенный из класса «correspondence» и отражающий связи между элементами архитектурного каркаса.

В [5] описаны разработанные автором две геометрические метамодели, которые позволяют наглядно отобразить концепты, добавленные в концептуальную модель, и описать двухмерные архитектуры.

Первое измерение геометрических метамоделей архитектуры системы базируется на используемом в теории систем понятии «конфигуратор описания системы», под которым понимается перечень аспектов (совокупностей свойств) системы, в которых описывается система. Опреде-

ление перечня аспектов (конфигуратора описания) и состава каждого аспекта является задачей аспектной декомпозиции изучаемой (создаваемой) системы. В частности, если под аспектом понимать совокупность свойств системы, соответствующую одной из точек зрения (viewpoint) на нее тех или иных специалистов или их групп (участников, stakeholders), то набор моделей, отражающих систему в этом аспекте, можно отождествить с представлением (view). Важно отметить, что каждый из участников при этом может иметь свой конфигуратор описания.

Второе измерение геометрических метамоделей архитектуры системы связано со свойством (закономерностью) иерархичности [6]: система может быть описана более подробно на более низком уровне иерархии. Определение уровней описания (и их количества) по каждому аспекту является задачей межуровневой декомпозиции изучаемой (создаваемой) системы. В результате формируются наборы двухмерных иерархических аспектных представлений (подсистем).

В настоящей работе вышеизложенный архитектурный подход применяется к программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [7] (далее Программа 1) и ее более поздней редакции – национальной программы с тем же названием [8] (далее Программа 2), становящимися, таким образом, system-of-interest архитектурного описания.

Цели (concerns) Программы 1, а, следовательно, и ее исполнителей или участников (stakeholders), приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Цели цифровой экономики в Программе 1

Ц1	создание экосистемы цифровой экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности и в которой обеспечено эффективное взаимодействие, включая трансграничное, бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан
Ц2	создание необходимых и достаточных условий институционального и инфраструктурного характера, устранение имеющихся препятствий и ограничений для создания и (или) развития высокотехнологических бизнесов и недопущение появления новых препятствий и ограничений как в традиционных отраслях экономики, так и в новых отраслях и высокотехнологичных рынках
Ц3	повышение конкурентоспособности на глобальном рынке как отдельных отраслей экономики Российской Федерации, так и экономики в целом

Под экосистемой цифровой экономики согласно [9] понимается партнерство организаций, обеспечивающее постоянное взаимодействие принадлежащих им технологических платформ, прикладных интернет-

сервисов, аналитических систем, информационных систем органов государственной власти Российской Федерации, организаций и граждан.
Цифровая экономика в Программе 1 представлена 3 уровнями:

У1 – рынки и отрасли экономики (сферы деятельности);

У2 – платформы и технологии, где формируются компетенции для развития рынков и отраслей экономики (сфер деятельности);

У3 – среда, которая создает условия для развития платформ и технологий и эффективного взаимодействия субъектов рынков и отраслей экономики (сфер деятельности).

У1, У2 и У3 с позиций архитектурного описания определяют конфигуратор (architecture configurator) – набор аспектов верхнего уровня, используемых различными участниками. Часть соотношений (correspondence) между этими элементами архитектурного каркаса определена в Программе и представлена на рис. 1 сплошными стрелками.

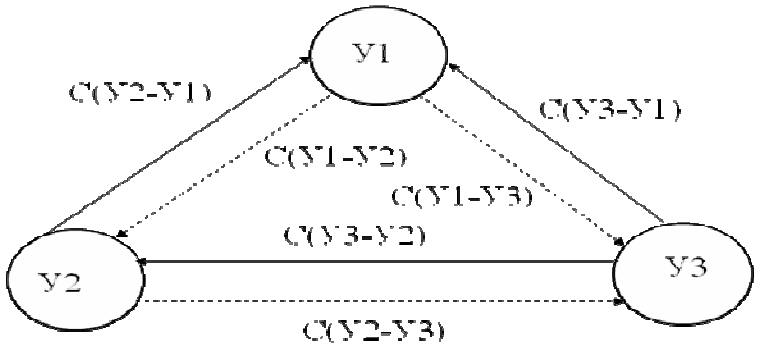


Рис. 1. Соотношение аспектов верхнего уровня Программы 1

С(У2-У1) – У2 формируют компетенции для развития У1.

С(У3-У1) – У3 создает условия для эффективного взаимодействия субъектов У1.

С(У3-У2) – У3 создает условия для развития У2.

Обратные соотношения С(У1-У2), С(У1-У3), С(У2-У3) в Программе 1 в явном виде не пояснены. Поскольку Программа 1 была сфокусирована на 2 нижних уровнях цифровой экономики (У2 и У3), первые два обратные соотношения не являются обязательными для ее представления. А вот отсутствие соотношения С(У2-У3), то есть обобщенного описания обратного влияния (воздействия) платформ и технологий на среду, создающую условия для их развития, представляется существенным недостатком Программы 1.

Как видно из таблицы 2 взаимно-однозначное соответствие между целями Программы 1 и ее аспектами (уровнями рыночной экономики, на которых они достигаются), отсутствует. Учитывая, что Программа 1 фокусировалась в ближайшем периоде времени только на уровни У2 и У3,

цель Ц3 (повышение конкурентоспособности на глобальном рынке) может рассматриваться лишь как перспективная или косвенная.

Таблица 2.

Соотношения между уровнями цифровой экономики и целями Программы 1

Уровни \ Цели	Ц1	Ц2	Ц3
У1	-	-	+
У2	+	-	-
У3	+	+	-

Вышеприведенное описание относится к верхнему (первому) архитектурному уровню аспектных описаний. Перейдем ко второму архитектурному уровню.

На первом уровне У1 цифровой экономики на основе дополнения Программы 1 новыми разделами предусматривалась реализация отдельных прикладных направлений по отраслям экономики (сферам деятельности), в первую очередь в сферах

ПН1 – здравоохранения,

ПН2 – создания "умных городов",

ПН3 – государственного управления.

На двух нижних уровнях У2 и У3 цифровой экономики в Программе определены и конкретизированы на период до 2024 года цели и задачи пяти базовых направлений развития цифровой экономики.

БН1 – нормативное регулирование,

БН2 – кадры и образование,

БН3 – формирование исследовательских компетенций и технологических заделов;

БН4 – информационная инфраструктура,

БН5 – информационная безопасность.

Явного разделения этих направлений по уровням У2 и У3 в Программе обнаружить не удалось. Однако проведенный анализ содержания их целей и задач, а также показателей Программы позволил представить его таблицей 3.

Таблица 3.

Соотношения между уровнями цифровой экономики
и базовыми направлениями Программы 1

Уровни \ БН	БН1	БН2	БН3	БН4	БН5
У2	-	-	+	+	+
У3	+	+	+	-	+

Результаты аналогичного анализа соотношений между целями Программы и целями базовых направлений приведены в таблице 4. Цель Ц3в таблице 4 не приведена, так как согласно таблице 2 она достигается на уровне У1, не связанному с базовыми направлениями.

Таблица 4.

Соотношения между целями Программы 1 и целями ее базовых направлений

Цели \ ЦБН	ЦБН1	ЦБН2	ЦБН3	ЦБН4	ЦБН5
Ц1	-	-	+	-	-
Ц2	+	+	+	+	+

Заметим, что количественные показатели Программы, которые должны были быть достигнуты к 2024 году, сформированы для целей всех базовых направлений, кроме БН1 (нормативное регулирование), а также для цели Ц1 (создание экосистемы цифровой экономики). Если рассматривать только базовые направления, то согласно таблице 3 цель Ц1 может быть достигнута только в рамках БН3 (формирование исследовательских компетенций и технологических заделов). Поэтому показатели достижения этой цели характеризуют работы по указанному базовому направлению, что подтверждается дорожной картой Программы. Таким образом, сформированная система целей Программы не может быть представлена в виде дерева целей (рис. 2).

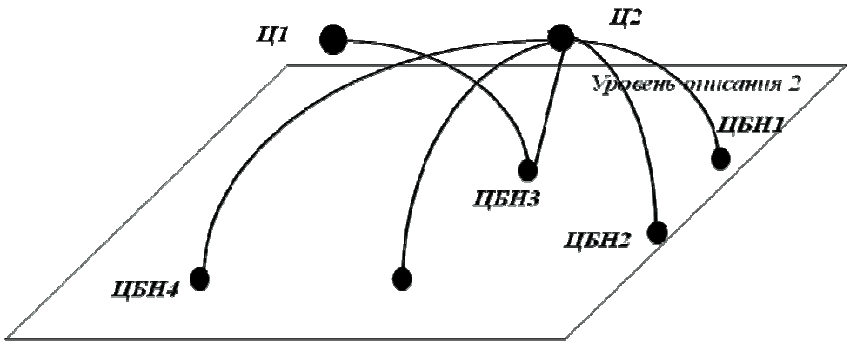


Рис. 2. Соотношения между целями Программы 1 и целями ее базовых направлений

Следующим этапом описания должно быть получение таблицы соотношений между базовыми направлениями, с учетом нижних уровней: их задач и вех, представленных в дорожной карте Программы 1. Эта задача в данной статье не рассматривается. Заметим лишь, что в Программе 1 указано, что в рамках направления БН1 необходимо в полной мере учитывать предложения по нормативно-правовому регулированию иных направлений, что предполагает тесное взаимодействие создавае-

мых по каждому направлению центров компетенций с центром компетенций по БН1.

Представляет интерес для дальнейшего анализа и соотношения БН2 (кадры и образование) с другими базовыми направлениями. Однако, задачи дорожной карты программы по БН2 даны в формулировках, инвариантных относительно целей и задач других базовых направлений. Это создает риски отрыва (слабой связи) результатов выполнения проектов в области образования и подготовки кадров от результатов работ по другим базовым направлениям.

В рамках Программы 1 выделены 9 сквозных цифровых технологий:

Т1 – большие данные;

Т2 – нейротехнологии и искусственный интеллект;

Т3 – системы распределенного реестра;

Т4 – квантовые технологии;

Т5 – новые производственные технологии;

Т6 – промышленный интернет;

Т7 – компоненты робототехники и сенсорика;

Т8 – технологии беспроводной связи;

Т9 – технологии виртуальной и дополненной реальностей.

Понятия «сквозная технология» и «(цифровая) платформа» не были определены ни в самой Программе 1, ни в других официальных документах. Отсутствует их единое понимание и в научно-технической литературе. Отметим, что в Программе 1 упоминаются как «отраслевые» цифровые платформы, так и «технологические» платформы для исследований и разработок по каждому направлению "сквозных" технологий.

В связи с вышеизложенным, в архитектурный конфигуратор описания Программы следовало бы включить четыре аспекта:

1) отраслевой (сферы деятельности) с подаспектами (прикладными направлениями ПН1-ПН3и другими, когда они появятся);

2) технологический, описывающий сквозные технологии Т1-Т9;

3) платформенный, описывающий создаваемые в рамках Программы цифровые платформы;

4) базовых направлений развития БН1-БН5.

В архитектурное описание следовало бы также включить таблицы соотношений между

- «сквозными» технологиями Т1-Т9 и прикладными направлениями ПН1-ПН3 (и другими, когда они появятся);

- «сквозными» технологиями Т1-Т9 и базовыми направлениями БН1-БН5;

- технологическими платформами (которые должны быть разработаны) и прикладными направлениями ПН1-ПН3 (и другими);

- технологическими платформами (которые должны быть разработаны) и базовыми направлениями БН1-БН5;

- прикладными направлениями ПН1-ПН3 (и другими) и базовыми направлениями БН1-БН5.

Появление новой редакции Программы 1 – национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" [8] со сроком действия до конца 2024 г. (далее Программы 2) связано в первую очередь с подписанием Указа Президента РФ от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Указом определены 3 цели и 9 задач Программы 2. Таким образом, изменения коснулись верхнего уровня архитектурного описания, что показано в таблице 5. Анализ таблицы 5 показывает, что цели программы 2 существенно уже и конкретнее целей программы 1.

Таблица 5.

Цели цифровой экономики в Программах 1и 2

Цели	Программа 1	Цели	Программа 2
Ц1	Создание экосистемы цифровой экономики РФ	Ц3	Использование преимущественно отечественного программного обеспечения в госорганах
Ц2	Создание условий институционального и инфраструктурного характера для создания и развития высокотехнологических бизнесов	Ц2	Создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры
Ц3	Повышение конкурентоспособности на глобальном рынке экономики РФ	Ц1	Увеличение внутренних затрат на развитие цифровой экономики

Уровни представления цифровой экономики в программе 2 не выделяются, что не дает возможности явного определения конфигуратора – набора аспектов верхнего уровня, используемых различными участниками, а также соотношения между этими аспектами и целями Программы 2.

Шесть федеральных проектов, реализуемых в рамках Программы 2, соответствуют первым 6 задачам, сформулированным в вышеназванном Указе Президента РФ. В терминах Программы 1 они с точностью до корректировки названий соответствуют пяти базовым направлениям развития цифровой экономики (БН1 - БН5) и прикладному направлению ПН3. Прикладные направления ПН1 – здравоохранение и ПН2 – создание "умных городов", представлены отдельными мероприятиями в рамках этих федеральных проектов. Таблица 6 показывает соотношение направлений Программы 1 и федеральных проектов Программы 2.

Таблица 6.

Соотношение федеральных проектов Программы 2 и направлений Программы 1

Программа 2	Наименование ФП	Программа 1
ФП1	Нормативное регулирование цифровой среды	БН1
ФП2	Информационная инфраструктура	БН4
ФП3	Кадры для цифровой экономики	БН2
ФП4	Информационная безопасность	БН5
ФП5	Цифровые технологии	БН3
ФП6	Цифровое государственное управление	ПН3

В табл. 7 приведены цели федеральных проектов, а таблица 8 иллюстрирует результаты анализа наличия связей между целями национальной программы и целями федеральных проектов.

Таблица 7.

Цели федеральных проектов

ФП	Цель ФП
ФП1	Создать систему правового регулирования цифровой экономики, основанную на гибком подходе в каждой сфере, а также внедрение гражданского оборота на базе цифровых технологий
ФП2	1. Создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи данных на основе отечественных разработок. 2. Создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры обработки и хранения данных на основе отечественных разработок. 3. Создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры функционирования цифровых платформ работы с данными для обеспечения потребностей граждан, бизнеса и власти на основе отечественных разработок. 4. Создание экосистемы внедрения цифровых технологий в строительстве и управлении городским хозяйством "Умный город".
ФП3	Обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров для цифровой экономики
ФП4	1. Увеличение внутренних затрат на развитие цифровой экономики за счет всех источников (по доле в валовом внутреннем продукте страны) не менее чем в три раза по сравнению с 2017 годом. 2. Создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных, доступной для всех организаций и домохозяйств. 3. Использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями.
ФП5	1. Создание «сквозных» цифровых технологий преимущественно на основе отечественных разработок. 2.Создание комплексной системы финансирования проектов по разработке и (или) внедрению цифровых технологий и платформенных решений, включающей в себя венчурное финансирование и иные институты развития.

ФП	Цель ФП
ФП6	1. Внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления и оказания государственных услуг, в том числе в интересах населения и субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей 2. Разработка и внедрение национального механизма осуществления согласованной политики государств - членов Евразийского экономического союза при реализации планов в области развития цифровой экономики

Хотя таблица 8 и указывает на наличие связей (не всегда очевидных) целей федеральных проектов (кроме ФП1) с целями национальной программы, но эти цели не выстроены в иерархическое дерево. В еще большей степени это относится к увязке показателей Программы 2 и ФП.

Таблица 8.

Соотношения между целями Программы 2 и целями федеральных проектов

Цели \ ЦФП	ЦФП1	ЦФП2	ЦФП3	ЦФП4	ЦФП5	ЦФП6
Ц1	-	+	+	+	+	-
Ц2	-	+	-	+	+	-
Ц3	-	+		+	+	+

Следующим этапом описания должно быть получение таблицы соотношений между федеральными проектами, с учетом нижних уровней: задач и мероприятий, представленных в их паспортах. Этой достаточно объемной работе должна быть посвящена отдельная статья.

Вышепредставленные выводы по конфигуратору и таблицам соотношений для Программы 1 справедливы и для Программы 2. Включение этих соотношений в архитектурное описание Программы 2 призвано совершенствовать постановку и решение вопросов координации работ.

Список литературы

1. ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Системная и программная инженерия. Описание архитектуры.

2. ISO/IEC/IEEE 42010:2011. Systems and software engineering -- Architecture description.

3. Данчул А.Н. Модели метаописаний архитектуры // 18-я Российская научно-практическая конференция “Инжиниринг предприятий и управление знаниями». Сборник научных трудов. Том 1. М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2015. – С. 100–108.

4. Данчул А.Н. Метамодель описания многомерной архитектуры системы // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2016): Сборник научных трудов XIX Российской научно-практической конференции. – М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В.Плеханова», 2016. – С. 16–22.

5. Данчул А.Н. Модели и метамодели описания архитектуры сложной активной системы // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. тр. XX

Междунар. науч.-практ. конференции. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2016. – С. 72–82.

6. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Издательство Юрайт, 2010.

7. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632 –р, утратившим силу в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 февраля 2019 г. № 195 –р.

8. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16).

9. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203).

УДК 007.51, 338.2

Кукор Борис Леонидович[1],
профессор, д-р экон. наук, профессор.
Яковлева Елена Анатольевна[2],
профессор, д-р экон. наук, доцент.
Клименков Геннадий Владимирович[3],
доцент, канд. техн. наук

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛИЦ, ПРИНИМАЮЩИХ РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКОЙ: ЛИНГВО-КОМБИНАТОРНЫЙ ПОДХОД

[1,2] Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный экономический университет.
[3]Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук.
[1]noc_finec@mail.ru, [2]helen7199@gmail.com, [3] kgv_perm@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена необходимости исследования адаптивного познавательного потенциала стратегического управленческого мышления как отдельного руководителя акторов информационно-телекоммуникационной сети, так и адаптивный потенциал управляющей структуры региона. В статье указывается на лингвокомбинаторный аспект проблемно-ориентированной системы стратегического планирования региона. Раскрывается проблема необходимости поддержки действий региональных властей, в качестве решения которой определена разработка методологической базы стратегического планирования (в том числе для промышленной политики) как метода реализации стратегий. Предлагается наиболее целесообразный подход к разработке и реализации региональной промышленной политики, направленный на балансировку интересов развития территориальных образований и интересов промышленного сектора, который находит свое отражение в семантической модели

социально-экономической системы, решение проблем в которой осуществляется посредством логического следования на основе импликативных высказываний.

Ключевые слова: механизм адаптивного стратегического управления, социально-экономическая система, проблемная ситуация, экспертные системы, когнитивный подход, информационное обеспечение, альтернативные сетевые графики, семантическая модель, дискретно ситуационная сеть.

Boris L. Kukor[1],
Professor, Dr. Doctor of Economic Sciences, associate professor.
Elena A. Yakovleva[2],
Professor, Dr. Doctor of Economic Sciences, associate professor,
Gennady V. Klimenkov[3],
Associate Professor Ph.D. of science

INFORMATION SUPPORT OF THE PERSONS MAKING DECISIONS IN THE PROCESS OF STRATEGIC MANAGEMENT OF THE REGIONAL ECONOMY: LINGUISTIC-COMBINATORIAL APROACH

[1,2]Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics
[3]Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
[1]noc_finec@mail.ru, [2]helen7199@gmail.com, [3] kgv_perm@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the need to study the adaptive cognitive potential of strategic management thinking as a separate leader of the actors of the information and telecommunications network, and the adaptive potential of the management structure of the region. The article points out the linguistic-combinatorial aspect of the problem-oriented system of regional strategic planning. It reveals the problem of the need to support the actions of regional authorities, which as a solution defines the development of a methodological basis for strategic planning (including for industrial policy) as a method for implementing strategies. The most appropriate approach to the development and implementation of regional industrial policy is proposed, aimed at balancing the interests of the development of territorial entities and the interests of the industrial sector, which is reflected in the semantic model of the socio-economic system, the solution of problems in which is carried out through logical following on the basis of implicative statements.

***Keywords*:** mechanism of adaptive strategic management, socio-economic system, problem situation, expert systems, cognitive approach, information support, alternative network diagrams, semantic model, discretely situational network.

Представление процесса управления развитием региональной социально-экономической системой обычными средствами сопряжено с упрощением исследуемой системы с общественно-политической точки зрения, с существенным ограничением данных о ней [1] как о фундаментальной научной проблеме развития политических институтов управления, результативности их работы. Традиционный аппарат исследования процесса управления, использующий только методы количественного

анализа не достаточно эффективен [1-3]. Он не рассматривает реальную управляющую структуру в общественно политическом ракурсе как совокупность корпораций, альянсов и региона, РФ с многочисленными связями и мотивациями в деятельности субъектов и объектов деятельности в сфере общественно-политической жизни, при формировании политики управления в технологическом и производственном развитии страны; упрощает экономическое пространство за счет изменения (искажения) реальных взаимосвязей внутри самого объекта и его с внешней средой, с институтами государства и гражданского общества, отраслями промышленности, образования и культуры; фиксирует качество экономических отношений при полном абстрагировании от неэкономических, общественно-политических параметров системы и т.п.

Поэтому, несмотря на развитый инструментарий, большинство существующих средств разработки автоматизированных систем поддержки принятия решений управляющих систем в социально-экономических системах общественно-политической сферы практически не имеют необходимых и достаточных знаний для распознавания и разрешения проблемных ситуаций для формирования стратегических приоритетов и точек экономического роста, политических стратегий прорыва в технологическом и производственном развитии страны. Эти знания в системе как раз и составляет некую предметную область, которая формализуется в виде модели предметной области с использование новых коммуникативных технологий, которые значительно расширяют возможности и границы принятия планомерных стратегических и операционных решений в общественно-политической и экономической сфере. В связи с этим представляется необходимым разрабатывать методологию построения модели предметной области в общественно-политической сфере и затем расширить социально-экономико-институционально-экологические (управленческие) функции входящей в средства разработки систем контроля и поддержки принятия решений системы приобретения знаний, поручив ей дополнительно поддержку процессов системного анализа и построения модели предметной области [2-3].

Современные темпы развития научно-технического прогресса требует создания механизма информационного обеспечения лиц, принимающих решения на основе когнитивных технологий, ситуационного подхода и адаптивного управления, позволяющего фактически мгновенно реагировать на изменяющиеся условия. Создание такого механизма обусловлено, с одной стороны, новыми специфическими научными организационными, социально-экономическими и техническими задачами создаваемой системы управления региона, а с другой – развитием различных направлений современной науки и техники, мощными техническими средствами в виде интеллектуальных информационных систем.

Разработка механизма информационного обеспечения лиц принимающих решения в системе стратегического управления региональной экономикой предусматривает решение следующих основанных научно-технических задач:

1. Целеполагание, установление базовых требований к эффективности государственного регулирования экономики, контроля, планирования, координации, организации и их обеспечение: учета прогноза анализа мотивации и т.д. Создание когнитивной модели процессов стратегического целеполагания предполагает разработку методологии средств моделирования, обеспечивающих динамическое воспроизведение в реальном масштабе времени и определенных пространственных данных требуемой ситуации (события) предметной области, включая объект и субъект (управляющей структуры) управления.

2. Задача разработки терминосистем стратегического управления экономикой, касающейся стратегического управления природопользованием и экологизацией экономики.

3. Разработка механизмом взаимопонимания и взаимодействия между акторами и при разработке стратегических планов и решения его задач, т.к. требуется учитывать большое число факторов разнообразной природы, являющихся предметов разных областей знаний.

4. Повышение качества работоспособности управляющей структуры, обеспечение гармоничности пространственно-временных отношений элементов предметной области управления, синхронности их выполнения на базе ситуационного логико-лингвистического и когнитивно-лингвистического моделирования.

5. Формирование задания по созданию межорганизационной сети региональных центров стратегического управления, что позволит эффективно использовать современные облачные технологии, которые позволят значительно сократить затраты на компьютерную технику, её обслуживание и одновременно увеличить возможности обработки за счет использования вычислительной мощности суперкомпьютера технологического центра.

Ядром такого инструментария должна являться логико-лингвистические модели (ЛЛМ) объекта и субъекта управления, которая давала бы возможность в долгосрочной, среднесрочной перспективе оценивать управляющую система (УС) региона, критические, эколого-экономические социальные реалии (построение дискретно-ситуационной сети) и возможности смены сложившегося техногенного типа развития на устойчивый эколого-сбалансированный тип. В стратегическом плане РФ должна реализовываться концепция экологизации экономического развития. Для этого требуется существенные изменения приоритетов и условий всей экономики и комплексов секторов. Необхо-

дим пересмотр направлений структурной и инвестиционной политики, научно-технического прогресса, соответствующих рыночных регуляторов для таких изменений. Нужно программировать и регулировать общественное производство не от природных ресурсов, не от того, сколько их можно добыть и использовать, а наоборот, от потребителя к ресурсам.

Необходимо для каждой группы ресурсов сформировать свою природно-сырьевую продуктовую вертикаль (цепочку), соединяющую природные факторы производства с конечной продукцией. Движение природного вещества и продуктов его обработки в данных вертикалях осуществляются с помощью интегрированной цепочки всех видов деятельности, принадлежащих к различным сферам, но объединенных технологически процессом производства и реализации конечной продукции.

Диагностика модели объекта и субъекта возможна при наличии способа представления знаний в системе коммуникаций экономики РФ, состоящей из лиц, принимающих решения (ЛПР), связанные различными отношениями и системой коммуникаций.

Для коммуникаций характерно два типа представления информации: линейный и фенестрационный (от лат. fenestra – «окно»). Линейный тип характеризуется тем, что знаки следуют один за другим. В фенестрационном типе представления информации знаки должны быть представлены так, чтобы их смысловое восприятие было бы, по возможности, одновременным, единым. Ситуации, в которых осуществляются управляющие воздействия в процессе коммуникации, определяются наборами пространственных и временных констант – хронотопами. Хронотопы управляющей структуры СЭС отличаются тем, что цели и интересы, коммуникации синхронного взаимодействия ЛПР, которые должны быть (но на практике не всегда) доминирующей установкой – достигать цели функционирования на определенных этапах.

Концептуальной основой ЛЛМ управляющего процесса должен быть информационно-логический процесс формирования стратегии и ее реализации, адекватный сложности воспроизводственного процесса, в котором природопользование, производство, распределение, потребление образуют органическое единство. Наличие адекватной модели стратегического целеполагания превращает стратегическое планирование в процесс научного исследования возможных путей развития.

При логико-лингвистическом моделировании событий, различая слово, как элемент языкового сознания для фиксации представления и слово, как научный термин, следует иметь ввиду активное сближение обоих уровней на современном этапе развития такой междисциплинарной науки, как стратегическое управление. Данный фактор является важнейшим компонентом общего процесса формирования научного

мышления руководителей, специалистов разработчиков систем управления экономикой предприятий и регионов. В этой связи серьезно возрастает необходимость тщательного анализа терминологии в процессе создания новых систем научных понятий (концептосфер) стратегического управления. Чрезмерное использование в профессиональном управленческом языке терминов путем «калькирования» (например с английского языка), может оказать отрицательное воздействие на мышление управленца, способствуя порождению размытых бессмысленных штампов, вместо системы научных понятий. Для решения этой задачи нами на базе теории ситуационного управления с применением логико-лингвистического моделирования разработаны основы стратегического управления – технологии, включающие в себя специальные методики системного анализа области функционирования и задач управления, а также систему приобретения знаний в контексте развивающих и развивающихся отношений и систем, построения рефлексивно-деятельностной развивающей среды, управления адаптирующейся многоуровневой интеллектуальной системой, каковыми являются социально-экономические системы, сложные системы общественно-политического значения [4].

Особую важность в этом контексте имеют исследования и совершенствование научных коммуникаций, организация взаимодействия между субъектами стратегического управления, научными организациями и государственными институтами на основе развитого интерфейса, фундаментом которого должен стать широкий обмен знаниями и расширенный доступ к научно-технической и статистической информации, а также информации аналитических агентств и организаций, ее распространение, организация доступа, повышение эффективности адресного информационного обслуживания с использованием режимов избирательного распространения информации, дифференцированного и инициативного обслуживания потребителей научно-технической информации.

На основе изложенных положений можно конкретизировать механизм информационного обеспечения лиц, принимающих решения в процессе стратегического управления региональной экономикой, который должен содержать:

1. Разработку концепции и модели реализации проекта «Информационное обеспечение лиц, принимающих решения». Когнитивно-лингвистический анализ ключевых понятий и положений, базовых понятий и отношений предметной области, лингвистический анализ терминологической системы стратегического управления, фреймовое моделирование системы стратегического управления, включая особенности вербализации и ситуативной актуализации фоновых знаний, необходи-

мых для выработки управляющих воздействий управляющей структурой социально-экономической системы (СЭС).

3. Разработку модели представления понятийного пространства СЭС, позволяющая получить его программную реализацию. Разработка методики стратегического анализа СЭС различного масштаба, позволяющая алгоритмизировать и автоматизировать процесс приобретения знаний ЛПР. Разработка логико-лингвистическая модели задач принятия решений трех классов.

4. Выбор объекта экспериментальных исследований, построение моделей предметной области: дискретной ситуационной сети (объекта и управляющей структуры), системы целей объекта и субъекта, альтернативных сетевых графов объекта и субъекта, ресурсных комплексов.

5. Разработку методов общей диагностики СЭС (эмпирическая и теоретическая дискретной ситуационной сети (ДСС)). Разработку общей схемы исследования, которая включает диагностику функционирования управляющей структуры в виде фенестрационной схемы дискретной ситуационной сети (ДСС).

6. Построение модели проблемных ситуаций в соответствии с необходимостью принятия плановых, координационных и организационных решений.

7. Разработку методического обеспечения мониторинга и контроля формирования реализаций документов стратегического планирования профессиональной диагностики компетенции, деловых и личностных качеств руководящих кадров.

8. Разработку методического обеспечения мониторинга и контроля формирования и реализация документов стратегического планирования, этапов стратегического планирования, бюджетного процесса функционирования системы органов, обладающих бюджетными полномочиями.

9. Построение модели механизма адаптивного управления (далее МАУ), который представляет собой научно-теоретическую категорию, что позволяет о ней говорить с определенной долей абстракции. Уяснение объемов смыслового содержания данного понятия происходит на основании системного анализа свойств многих социально-экономических явлений на всех ярусах экономики. Деятельность управляющей структуры экономики в направлении реализации функций контроля, интегрированного планирования, координации и организации, ведущим к оптимизации значений целевых нормативов и минимизации отклонений своего состояния от требований внешней среды, есть способность активизации этой теоретической конструкции МАУ.

10. Методы оценки прогнозов дестабилизирующих факторов, а также инновационного материала, необходимые для выработки управленческих воздействий.

Итак, механизм информационного обеспечения как элемент механизма адаптивного управления основывается на речемыслительной деятельности лиц принимающих решения в управляющей структуре социально-экономических систем. Для адаптации социально-экономической системы необходимыми условиями выступают интеллект, ответственность и компетентность лиц принимающих решение в управляющей системе. Адаптация обеспечивает снижение рисков возникновения угроз проблемных ситуаций.

Статья опубликована в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН на 2019-2021 г.

Список литературы

1. Андрианов Д.Л. Инновационные решения пермской ИТ-компании «Прогноз» / Вестник Пермского научного центра №3, 2009, с. 49-55. http://www.permsc.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Ite
mid=81&lang=ru.

2. Кукор Б.Л., Пыткин А.Н., Клименков Г.В. Основы стратегического управления в региональной экономике (построение систем ситуационного управления на базе логико-лингвистического моделирования) / РАН, УрО, Пермский ф-л ин-та экономки; под общ. ред. Б.Л. Кукора. – ООО «Издательский дом «Ника»: Пермь, 2009. – 337 с. (Монография) https://cloud.mail.ru/public/M8ai/kGRdwTmtN.

3. Клименков Г.В., Кукор Б.Л. Инновационное развития оборонно-промышленного комплекса в рыночных условиях / РАН, УрО, Пермский ф-л ин-та экономки; под общ. ред. Г.В. Клименкова. – ООО «Издательский дом «Ника»: Пермь, 2008. – 162 с. (Монография) https://cloud.mail.ru/public/6rKq/zPn9h6DrP.

4. Клименков Г.В., Кукор Б.Л., Пыткин А.Н. Экспертные системы и системы ситуационного управления на базе логико-лингвистических моделей. / Вестник ПНЦ, Пермь, №2, 2010 – с. 26-38 http://www.permsc.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Ite
mid=81&lang=ru.

Арефьев Игорь Борисович,
д-р техн. наук, профессор

ЛОГИКО-РЕФЛЕКСИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ И ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ

Польша, Щецин, Морской университет
i.ariefiew@am.szczecin.pl

Аннотация. Современное состояние организации процедур и процессов управления сложными системо-техническими комплексами вступает в противоречие с психо-физическими возможностями ЛПР на всех уровнях принятия решений. Разрешение такого противоречия автор видит в концепции логико-рефлексивного моделирования ППР. Анализу этого процесса посвящена настоящая работа.

***Ключевые слова*:** логика, рефлексия, система, управление, решение

Igor B. Ariefjew,
Dr. of Engineering Sc., Prof.

LOGICAL AND REFLECTIVE MODELING OF THE PROCESSES OF MAKING AND SUPPORTING DECISIONS TO MANAGEMENT

Poland, Szczecin, Maritime University of Szczecin
i.ariefiew@am.szczecin.pl

Abstract. The current state of the organization of procedures and management processes of complex system-technical complexes conflicts with the psycho-physical capabilities of decision makers at all levels of decision-making. The author sees the resolution of such a contradiction in the concept of logical-reflexive modeling of SPR. The analysis of this process is devoted to the present work.

***Keywords*:** logic, reflection, system, control, decisionnull

Введение

Научно-технический прогресс привёл в последние десятилетия к резкому сокращению времени выполнения всех видов не только технологических, но и контрольно-измерительных операций по оценке состояния объектов управления. Этому объективно способствует повсеместное внедрение роботов и систем искусственного интеллекта (ИИ), основанных на новейших достижениях цифровой автоматики. При этом, стало очевидным, что арсенал методов и средств ИИ сводится к высокотехнологичным системам и процедурам принятия решений по управлению

в рамках схемы сбора и представления исходной информации об объекте (датчики, сигнализаторы, оперативная информация и т.д.) и совокупность типовых алгоритмов вывода решения. К последним относятся простые и вложенные циклы, разветвляющиеся и циклические алгоритмы, их комбинации и сочетания, которые формируют модель данного объекта. В этих условиях в системе необходим элемент, выполняющий функцию контроля состояния объекта с целью предотвращения возможных сбоев и случайных ситуаций, не предусмотренных в модели объекта и, следовательно, не имеющих алгоритмического обеспечения устранения таких ситуаций.

1. Обоснование концепции

В теоретической логике хорошо известна вторая теорема Гёделя, согласно которой нельзя создать систему на уровне собственной сложности [7]. Поэтому тенденция к постоянному сокращению времени на принятие решения человеком по управлению сложными техническими и

социально-экономическими комплексами в современных условиях приводит к неадекватным результатам. С такими ситуациями мы встречаемся повсеместно: транспортные аварии, техногенные катастрофы, сбои в автоматических системах производства и выпуска продукции и т.д. Это положение сложилось в результате сведения центрального звена любой системы управления – человека, на уровень оператора при Блоке Принятия Решений (БПР) с единственной функцией: реагировать на аварийные и нештатные ситуации поведения управляемого объекта.

Однако, в условиях ограниченного времени, качество принятия решения зависит не только от квалификации ЛПР, его опыта и знаний об объекте, но от инструментария, который находится в его распоряжении: формальных процедур планирования и прогнозирования состояния объекта, адаптивной БД, формального аппарата срочной, по сравнению с быстродействием поведения объекта, оценки этого состояния. Опираясь на текущие данные, анализируя реакции и соответствие их формальной модели объекта, ЛПР отражает в своём сознании соответствие этого состояния характеристикам модели и даёт им оценку.

Таким образом, в рамках традиционной Теории систем возникает новый раздел: логико-рефлексивное моделирование объектов и систем.

В первую очередь, остановимся на обосновании понятий, составляющих суть предлагаемого подхода.

Понятие **«рефлексия»** сложилось в философии Общей теории систем от лат. *refleksio*-обращение назад. Согласно Э. Кассиреру – рефлексия, это способность выделять из общего потока информации и знаний некоторые устойчивые элементы, вычленив и изолировав которые, исследователь может сосредоточить на них внимание [4]. Иными словами, рефлексия представляет собой комплекс действий субъекта, который на основе мыслительно-языковой (вербальной) деятельности познаёт и изменяет средства своего познания об объекте [5, 6]. Этот принцип является основным приёмом выработки схемы концептуальной модели проектируемого процесса, элемента, объекта.

Принцип рефлексии заключается в том, что в процессе мыслительно-языковой деятельности субъект познаёт и активно изменяет собственные средства познания. В этом смысле рефлексия соответствует характерному для процессов управления типу причинности, когда причина и следствие связаны двусторонне (обратная связь). Такое решение вполне соответствует схеме Н. Винера, когда состояние объекта оценивается ЛПР через его показатели по информационно-технической обратной связи.

Именно здесь и наблюдается разрыв в логике принятия решения по управлению данным объектом: в пределах возможного по обратной свя-

зи можно судить о состоянии объекта, но требуется некоторое обоснованное заключение о качестве такого состояния. Оно выбирается согласно эталону (модель, расчёт, матрица и т.п.).

Но формирование эталона находится на уровне собственной сложности субъекта (рис. 1). Логика суждений диктует одно решение, а эталонная модель. как правило, оказывается не полной (не достоверной). Субъект обнаруживает, что представление об объекте не тождественно его реальному состоянию [3]. Выход только один: в акте рефлексии формировать новое представление об объекте, которое отражает его последнее состояние согласно знаниям субъекта о его реальных возможностях и соотнести их с эталоном. Только после такой процедуры можно надеяться на эффективный выбор и принятие решения по управлению данным объектом.

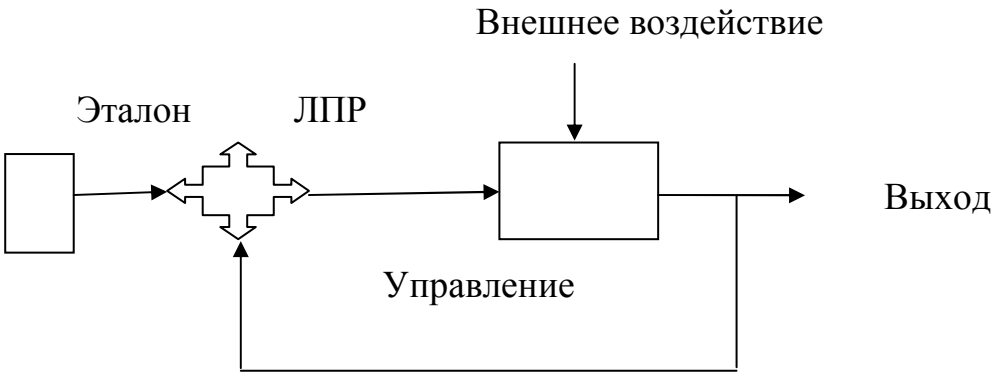


Рис. 1. Упрощённая схема Н. Винера

2. Процесс логико-рефлексивного моделирования

Процесс логико-рефлексивного моделирования чётко раскладывается на два уровня:

1. ***Логико-рефлексивный уровень***, базирующийся на неформальных показателях опыта, квалификации, знаний, таланта проектировщика.

2. ***Информационно-технологический уровень***, когда проектировщик или Лицо, принимающее решение (ЛПР) итеративно реализует цели и задачи создаваемого (исследуемого) объекта техническими средствами: БД и БЗ, компьютерную и вычислительную технику, Интернет, источники текущей информации.

На первом уровне формулируется проблема, формируются целевые функции и подцели функционирования объекта, задачи, ограничения и допущения его работы (показателей).

Второй уровень предполагает собственно реализацию поставленных задач объекту, оценку и обоснование его применимости, эффектив-

ность, условия работы, проектирование, конструирование вплоть до патентной экспертизы и выхода на нанотехнологии.

Совершенно очевидно, что оба уровня объединены принципами системного подхода и методологией Общей теории систем [3]. Вывод целевых функций и комплексные технологии задач второго уровня достаточно разработаны и продолжают эффективно развиваться. Задачи первого уровня только в настоящее время стали «узким местом» научно-технического прогресса. Это объясняется поэтапным освобождением творческих возможностей исследователя, проектировщика и специалиста-эксплуатационника сложных систем от рутинной расчётно-вычислительной работы. Технические средства всё больше исключают из арсенала специалиста необходимость непосредственного участия в выполнении элементарных процедур исследования, проектирования, управления, поиска и обоснованного выбора результатов решения, в том числе и экспериментальным путём. Данный прогресс обусловлен внедрением в практику современных информационно-вычислительных и системотехнических комплексов. В них априори заложен достаточно развитый математический, алгоритмический аппарат процедур принятия решений и их технической реализации при управлении объектами различной природы, класса, назначения.

Вместе с тем остаётся неразвитый аппарат формализации процессов управления, двусторонне связанный с положением причины и следствия выбора и обоснования адекватных решений по управлению. В этом отношении принцип рефлексии вполне соответствует принципу „информационной обратной связи” между двумя указанными уровнями.

Применительно к системо-техническим объектам, на первом уровне рефлексия последовательно реализуется в трёх стратах:

- ситуативная рефлексия – координация и контроль элементов деятельности в соответствии с изменяющимися условиями (*целеполагание, постановка задач*),

- ретроспективная рефлексия – анализ выполненной деятельности и событий, имевших место в прошлом (*опыт, источники информации, интуиция*);

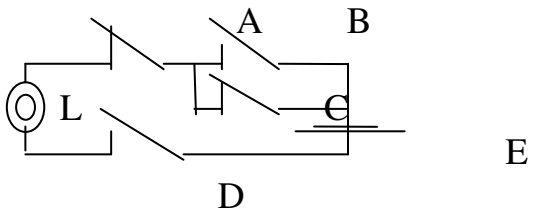
- проспективная рефлексия – размышления о предстоящей деятельности (*планирование, поиск эффективных способов достижения цели, прогнозирование результатов*).

Для иерархических объектов, этап выработки концептуальной модели связан с системным анализом этого объекта и выработкой доформального (рефлексивного) её типа, оценкой и идентификацией состояния на базе собственного опыта и информации внешней среды. При этом, рефлексия трактуется как процесс осмысления и переосмысления

субъектом стереотипов опыта, что является предпосылкой для возникновения инноваций. В этом смысле принято говорить о рефлексивно-инновационных процессах, рефлексивно-творческих способностях индивидуума (проектировщика) [1].

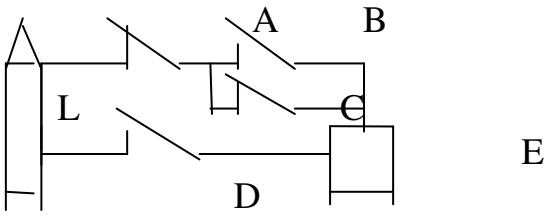
Здесь важно заметить, что принцип рефлексии соответствует характерному для процессов управления типу причинности, при котором причина и следствие связаны двусторонне [2]. Такой вывод вполне обоснован, поскольку в гносеологии с понятием рефлексии связывают опосредованное познание, отражение сущности явления [3]. Данное положение можно иллюстрировать на базе принципа изоморфизма, когда логический вывод для объекта одной природы через рефлексию оказывается адекватным объекту другой природы.

Пусть задан автомат горения аварийной лампы (рис. 2). Определение такого процесса соответствует конъюнктивно-дизъюнктивной форме (1).



L – лампочка, E – батарея, A,B,C - контакты

Рис. 2. Схема подключения аварийной лампочки



L – судно у причала, E – склад, A – разгрузочный кран, B – резервный транспортёр, C – действующий транспортёр, D – резервный кран.

Рис. 3. Схема разгрузки (погрузки) судна

Согласно положению рефлексии, проектировщик отражает своё видение причала порта в виде аналогичной схемы: постановка задач, интуиция, поиск эффективных способов достижения цели (рис. 3):

Условие горения аварийной лампочки в конъюнктивно-дизъюнктивной форме:

Не трудно видеть. что представление разгрузки (погрузки) судна на данном участке порта будет аналогична выражению (1).

Следовательно, первый уровень рефлексии обязательно содержит анализ собственных знаний и технологий, которые применяет субъект (проектировщик) для достижения конкретных целей при целенаправленном использование тех принципов, с которыми он уже знаком по опыту или информационным источникам. Далее, на том же уровне, субъект формирует концептуальную модель изделия или процесса.

$$(A \wedge B \overline{\wedge} C \wedge D) \vee \overline{(A \wedge B \overline{\wedge} C \wedge D)} \, \overline{(A \overline{\wedge} B \overline{\wedge} C \wedge D)}. \qquad (1)$$

Заключение

В современных подходах к формализации представления знаний рефлексивная логика занимает промежуточное положение между ситуационным управлении и классическими графо-аналитическими методами. По мнению автора, основное достоинство логико-рефлексивного моделирования состоит в удачном переходе через метод интегральных характеристик от дискретно-булевой аналитики ситуационных представлений к интегро-дифференциальной математике. Методика представления динамики технологических процессов интегральными характеристиками наглядны и ясны для практика. Полученные таким образом отдельные графики и их комплексы для оценки состояния поведения производственных объектов открывают широкие возможности в прогнозировании в динамически развивающихся процессов, в том числе и на оперативном уровне.

Список литературы

1. Арефьев И.Б. Элементы метода логико-рефлексивного моделирования. Изво „LAMBERT akademik publishing", Riga. 2019. 68 p.

2. Винер Н. Кибернетика. Пер. с анг. М,: Сов. Радио. 1968.326 с.

3. Волкова В.Н., Денисов А.А. основы теории систем и системного анализа. Спб.: СПГТУ. 1997. 510 с.

3, Гегель Г. Наука логики. М.: Наука.1970. т.1. 501 с.

4. Кассирер Э. Избранное. Опыт о человеке. – М.,1988. – 486 с.

5. Шаров А.С. Ограниченный человек: значимость, активность, рефлексия.- Омск.: Изд-воОмГПУ,2000.-358 с.

6. Щедровицкий Г.П. Мышление. Понимание. Рефлексия. –М.: Наследие ММК, 2005. – 800 с.

7. Gödel, Kurt. On Formally Undecidable Propositions of the Principia Mathematica and Related Systems. I.— 1931. в книге Davis, Martin (ed.). The Undecidable: Basic Papers On Undecidable Propositions, Unsolvable Problems And Computable Functions.— New York: Raven Press, 1965.— С. 6-8.

УДК 130.2

Бобер Жанна,
магистр психологии

КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СРЕДА: НА ПОРОГЕ РОЖДЕНИЯ СИСТЕМЫ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Эстония, Нарва, MTU Evrika, zanna.bober@gmail.com

Аннотация. Стремительное повышение роли умных технологий способствует значительным изменениям социокультурной системы. Искусственный интеллект проникает во все области жизни человека, помогая сознанию по-новому отражать объективную действительность. Эволюционирование сознания переходит на более высокий уровень взаимодействия человека с искусственным интеллектом. Человек на пути нового качества развития, обусловленного созданием систем гибридного интеллекта. Использование новых интеллектуальных ресурсов качественно изменит среду открытой системы живой структуры сознания.

Ключевые слова: структура и виды интеллекта, феноменология сознания, синергетика системы гибридного интеллекта, формы существования информационного поля, виды отражения среды, законы информационного поля.

Zhanna Bober,
Master of Psychology

CYBERPHYSICAL ENVIRONMENT: ON THE BRINK OF THE HYBRID INTELLIGENCE SYSTEM CREATION

Estonia, Narva, MTU Evrika, zanna.bober@gmail.com

Abstract. The rapid enhancement of the smart technologies' role contributes to significant changes in the socio-cultural system. Artificial intelligence penetrates into all aspects of human life, assisting the mind to reflect objective reality in a new way. Evolution of consciousness moves to a higher level of human interaction with artificial intelligence. Human beings are on the road to a new quality of development, conditioned by the creation of hybrid intelligence systems. The use of new intellectual resources will qualitatively change the environment in the open system of the living consciousness structure.

Keywords. Structure and types of intelligence, phenomenology of consciousness, synergy of the hybrid intelligence system, forms of the information realm existence, environment reflection types, laws of the information realm.

Проблемы глобального процесса информатизации уже плотно вошли в основное направление развития планетарной культуры, при этом преобразуя не только отдельные аспекты человеческой деятельности, но и резко изменяя мировоззрение человечества во всех направлениях культурного развития. Сегодня можно говорить о том, что информатизация оказывает сильное влияние на все три уровня научных областей – онтологию, гносеологию, аксиологию, что очерчивает новый круг философских проблем для научного исследования.

Активно использованный в науке термин «информатизация» характеризует определенную интенсивность изучения новых процессов, возникающих в современной социокультурной системе. В научных областях информатизация рассматривается как процесс, состоящий из пяти компонентов: причины, цели, объект воздействия, субъект воздействия, механизм реализации [31]. Необходимо заметить, что процесс информатизации включает в себя систему трёх диалектически структурных процессов: – медиатизацию – совершенствование средств сбора, хранения и распространения информации; – компьютеризацию – совершенствование средств поиска и обработки информации; – интеллектуализацию – развитие знаний и способностей индивида к восприятию и порождению информации, а также повышение интеллектуального потенциала социума, включая возможность использования средств искусственного интеллекта [17] и информационно-коммуникационных технологий.

По сей день актуален вопрос, порождённый в конце 40-х годов 20 столетия, о возможности усовершенствования вычислительных машин, обладающих универсальными возможностями, а также скоростной и высокой производительностью до такой степени, чтобы электронные машины были тождественны человеческому интеллекту. И актуальность этого вопроса в научных кругах всё обостряется в последние десятилетия, что говорит о том, что не за горами тот день, когда, возможно, будет создан истинный человекоподобный по своей тождественности искусственный интеллект.

Практические исследования в области определения возможностей человеческого сознания привели к попыткам сознательного управления психических процессов индивидуумов и попыткам создания первообраза простого подобия *искусственного интеллекта*.

Область науки, которая занимается искусственным интеллектом является интегративной, так как включает сразу несколько научных направлений: математическую логику, вычислительную технику, программирование, лингвистику, нейрофизиологию, психологию, социологию, философию и другие, которые содержат не только теорию, но и практические научные области. Так общими усилиями ученые исследуют различные возможности искусственного интеллекта.

Конечно, это довольно сложная задача, так как истинный машинный первообраз человеческого интеллекта можно создать только в том случае, если осмыслить системную структуру интеллекта естественного.

Если обратиться к истории вопроса об изучении интеллекта, то можно проследить разное понимание мыслителей прошлого по данному вопросу. Составим сравнительную *Таблицу 1* «Сравнение определений интеллекта в разные периоды времени».

Таблица 1

Сравнение определений интеллекта в разные периоды времени

№	Период и область	Определение
1	Античность. Платон	Интеллект (нус) определяется как то, что отличает человеческую душу от животных.
2	В средневековой западноевропейской схоластике	Понятие употреблялось для обозначения высшей познавательной способности (сверхчувств, постижения духовных сущностей) в противоположность разуму.
3	В немецкой классической философии. Кант, Гегель	Интеллект (нем. Verstand) обозначал способность образования понятий.
4	Пост немецкой классической философии	Интеллект – это врожденная или благоприобретенная способность человека к познанию, мыслительная способность человека.
5	В прагматистской трактовке	Интеллект – это способность справляться с соответствующими с заданиями, эффективно включаться в социокультурную жизнь, успешно приспособляться в любой среде.
6	В современной западной психологии	Наиболее распространенным является понимание интеллекта как биопсихической адаптации к различным обстоятельствам жизни.

Однако, как известно и сегодня всё ещё много разных мнений по данному вопросу [1, 12, 25, 33], в связи с чем, понятие «интеллект» трудно объяснить до сих пор.

Благодаря английскому психологу и разработчику многочисленных математических статистик Ч. Э. Спи́рмену (Charles Edward Spearman) был введен научный термин «*g* factor» в 1904 году, который отражает общий интеллект человека [24]. На его основе были сформулированы величины, которые можно измерить в форме приблизительных мер *g*, например, коэффициент (IQ) как количественную оценку уровня интеллекта человека.

Сегодня термин интелле́кт [1] определяется как общий умственный потенциал человека, степень реализации способностей человека, которые он целесообразно использует для приспособления к жизни, в том числе, способности к обучению на основе опыта, пониманию и применению абстрактных концепций и использованию своих знаний для управления окружающей средой [7, 23]. Общий умственный потенциал объединяет *познавательные* способности человека – *ощущение*, *восприятие*, *память*, *представление*, *мышление*, *воображение*, а также *внимание*, *воля, интуиция* и *рефлексия* содержания и функций собственного сознания.

[1] *intellectus* – «восприятие»; «разумение», «понимание»; «понятие», «рассудок», «ум».

При рассмотрении составляющих элементов человеческого интеллекта постараемся определить *компонентную структуру интеллекта*. Для структурного обзора системных свойств элементов сформируем *Таблицу 2* «Компоненты системной структуры интеллекта человека».

Таблица 2

Компоненты системной структуры интеллекта человека

№	Элементы	Структура системных свойств элемента
1	*Ощущение*	Чу́вственный о́пыт специализированной периферической анатомо-физиологической системы, отражающий отдельные свойства и состояния среды, поступающих в виде сигналов посредством сенсорной системы.
2	*Восприятие*	Система эмоционально-чувственного познания предметов окружающего мира, субъективно представляющееся прямым, непосредственным.
3	*Память*	Комплекс познавательных способностей и высших психических функций по накоплению, сохранению и воспроизведению знаний и навыков.
4	*Представление*	Воспроизведенный сложный образ предмета или явления в сознании, которые здесь и сейчас человек не воспринимает и который основывается на прошлом опыте; а также психический процесс формирования этого образа.
5	*Мышление*	Сложная познавательная психическая деятельность, опосредованным и обобщённым способом отражения действительности.
6	*Воображение*	Спонтанное возникновение или преднамеренное построение в сознании сложных образов, представлений, идей объектов, которые в опыте в целостном виде не воспринимались или не могут восприниматься посредством органов чувств; способность создавать образы, представления, идеи и манипулировать ими.
7	*Внимание*	Избирательная направленность восприятия на тот или иной объект.
8	*Воля*	Способность принимать сложные решения на основе мыслительного процесса и направлять свои мысли и действия в соответствии с принятым решением.
9	*Интуиция*	Свойство человека понимать, формировать и проникать в смысл событий, ситуаций, объектов посредством инсайта, озарения, единомоментного подсознательного вывода, основанного на воображении, эмпатии и предшествующем опыте, «чутьё», проницательность.
10	*Рефлексия*	Обращение внимания субъекта на самого себя и на своё сознание и его активность, а также переосмысление. В частности, обращение внимания на содержание и функции собственного сознания, в состав которых входят личностные структуры, мышление, механизмы восприятия, принятия решений, эмоционального реагирования, поведенческие шаблоны.

Необходимо заметить, что все компоненты интеллектуальной системы человека являются специфически уникальными для каждого чело-

века по своим свойствам и состояниям как формы, так и содержания. Интеллектуальная система сложна, чувствительна и тонко настраиваемая в течение длительного времени в каждом отдельном случае, поэтому абсолютно неповторима.

Кроме того, интеллект не однороден по своему составу. Так, например, немецкий философ, психолог, психиатр К. Т. Ясперс (Karl Theodor Jaspers) делит интеллект на три составляющих:

a) *предпосылки интеллекта* – отдельные психические функции: память, внимание, утомляемость, механизмы, лежащие в основе двигательных явлений, речевого аппарата, зрения и другие.

b) *багаж знаний* – содержание разума, совокупность объема знания, способность к обучению, картина мира.

c) *интеллект в собственном смысле* – «не просто большие или меньшие степени развития умственных способностей, а некое глубоко укорененное дерево, объединяющее в себе многочисленные и разнообразные способности», с «высоким уровнем практической смышлености, для которого характерны быстрый и правильный выбор из множества возможностей и умелая адаптация к новым требованиям», способность к суждению и к логическому мышлению, умение отделять существенное от второстепенного, способность схватывать чужие точки зрения и идеи, спонтанность и наличие инициативы. Здесь же «существует *абстрактный интеллект*, который в острые моменты принятия решений переходит в почти абсолютную тупость, но в условиях спокойной внутренней работы способен привести к высоким достижениям» [20, 32].

На сегодняшний день исходя из проведенного множества исследований в разных научных областях существуют общие определения различных видов интеллекта, что дает нам возможность их собрать воедино и составить обобщенную классификацию интеллекта и изложить в следующей последовательности:

1. Интеллект животных – значительно уступает интеллекту человека, но влияет на поддержание жизнедеятельности в животном мире. Составляет совокупность психических функций, к которым относятся мышление, способность к обучению и коммуникации, которые не могут быть объяснены инстинктами или научением.

2. Интеллект человеческого уровня – многофункциональная способность целостной психической деятельности индивида, состоящий из общего умственного потенциала (ощущение, восприятие, память, представление, мышление, воображение, внимание, воля, интуиция, рефлексия).

3. Эмоциональный интеллект – способность распознавать эмоции, понимать намерения, мотивацию и желания других людей и свои

собственные, а также способность управлять своими эмоциями и эмоциями других людей в целях решения практических задач.

4. Социальный интеллект – совокупность способностей, определяющая успешность социального взаимодействия. Включает в себя способность понимать поведение другого человека, своё собственное поведение, а также способность действовать сообразно ситуации.

5. Окружающий интеллект – интеллект технической среды человека, реагирующий на присутствие человека.

6. Искусственный интеллект – созданный не в естественной биологической среде. Понятие искусственного интеллекта имеет довольно широкую трактовку, где можно выделить его разновидности и сформировать следующую классификацию определений искусственного интеллекта:

a. Эволюционные алгоритмы – направление в «искусственном интеллекте», которое использует и моделирует процессы естественного отбора [13].

b. Символический искусственный интеллект – собирательное название для всех методов исследования искусственного интеллекта, основанных на высокоуровневом человекочитаемом знаковом представлении задач, логики и поиска. Наиболее успешная его форма с середины 1950-х до конца 1980-х годов – это «экспертные системы» по обработке информации, использующие сеть «продукционных правил» (по типу оператора «если-то») [22].

c. Искусственный интеллект инфотехнологической системы – это блок функций правильного интерпретирования полученных внешних данных, а также обучения на таких данных и использования полученных знаний для достижения конкретного целеполагания и задач при помощи лучшего выбора из возможных вариантов адаптации [21].

d. Игровой «искусственный интеллект» – набор программных методик, которые используются в компьютерных играх для создания иллюзии интеллекта в поведении персонажей, управляемых компьютером. Игровой ИИ, помимо методов традиционного искусственного интеллекта, включает также алгоритмы теории управления, робототехники, компьютерной графики и информатики в целом.

e. Направление «искусственный интеллект» в информатике и информационных технологиях – это блок инфотехнологических функций воссоздания разумных рассуждений и действий с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств [30].

f. Функция «искусственный интеллект» в интеллектуа́льной систе́ме, где интеллектуальная система – это техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творче-

скими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока – базу знаний, механизм вывода решений и интеллектуальный интерфейс [1].

g. Наука «искусственный интеллект» – научное направление в составе комплекса *компьютерных наук*, а создаваемые на его основе технологии относятся к *информационным технологиям* [1].

7. Искусственный суперинтеллект – интеллект, превышающий в разы человеческий и искусственный интеллекты.

Таким образом, из классификации определений видов интеллекта и, отдельно, искусственного интеллекта, очевидно, что под интеллектом каждый раз понимается слишком различное смысловое содержание. Видимо с этим связаны бесконечные трудности полемики в рамках данной тематики.

Как известно, между искусственным и естественным интеллектом существуют принципиальные отличия двух видов:

1. Информационные отличия:

a. Живые организмы представляют собой системы смешанного типа, включающие как аналоговые (непрерывность), так и цифровые (дискретность) процессы;

b. Размеры, скорость, энергетические потребности, надежность, устойчивость – эти различия отражаются в организации систем. «Естественные автоматы» работают в основном по параллельному принципу, а «искусственные автоматы» – по последовательному;

c. Человек – как «естественный автомат», превосходит по сложности любой из «искусственных автоматов», созданных до сих пор. Теория автоматов должна была связать логическую организацию сложных автоматов с их поведением. [1]

2. Физические отличия:

a. основное отличие естественного интеллекта от искусственного в том, что у него есть *эмоции*, *определяющие мотивацию его поведения*. В мозге много различных нейромедиаторов и гормонов, вызывающих различные *ощущения* – чувство страха, радости, агрессии и сна, которых нет в искусственном интеллекте [8].

Что же касается «*искусственный интеллект*», то автор термина Джон Маккарти [2] вовсе не претендует на вложение в данное понятие

[1]Теория автоматов — раздел дискретной математики, изучающий абстрактные автоматы — вычислительные машины, представленные в виде математических моделей — и задачи, которые они могут решать.

[2]Автор термина «искусственный интеллект» (1955) Джон Маккарти — американский информатик, изобретатель языка Лисп (1958), основоположник функционального

всей системности компонентов, составляющих структуру интеллекта человеческого уровня. Джон Маккарти полагает, что «Мы понимаем некоторые механизмы интеллекта и не понимаем остальные. Поэтому под интеллектом в пределах этой науки понимается только *вычислительная составляющая* способности достигать целей в мире» [33].

Но в любом случае, наличие искусственного интеллекта предполагает возможность общения каким-либо образом. Для общения человека с техническим устройством, имеющим искусственный интеллект, созданы специальные комплексы технических и программных средств, которые постоянно совершенствуются.

Для эффективной коммуникации человека с техническим устройством в определенной области совместной деятельности существуют разные уровни развития интерфейса [1] искусственного интеллекта [26]:

1. Интерфейс первого уровня – комплекс технических или программных средств, которые использует человек для общения с техническим устройством и для сопряжения различных средств между собой. Используются стандартные формы ответов, общение происходит в режиме «меню» с привлечением лингвистического процессора для несложного синтаксического анализа фраз человека.

2. Интерфейс второго уровня – для общения с техническим устройством и получения ответа надо найти в тексте соответствующее место и сформулировать ответ на вопрос, взяв из текста соответствующую фразу или её часть. Здесь потребуется более мощный процессор и строить содержательные связи между входящими в предложение словами.

3. Интерфейс третьего уровня – поиск ответа связан с рассуждениями о пространстве и времени и о законах окружающей среды. Из этой системы с помощью знаний, содержащихся в тексте, получают новые знания.

4. Интерфейс четвёртого уровня (в дальнейшей разработке) – расширяет специальные механизмы для расширенного поиска различной относительной информации.

5. Интерфейс пятого уровня (в разработке) – привлекается не только текст, написанный или произведенный на естественном языке, но и одновременно широкая *зрительная* информация.

6. Интерфейс шестого уровня (в разработке) – расширяет возможности за счёт аллегорического уровня общения, использование развитых средств графики и *речевой* ввод-вывод, а также определение и реализация необходимых потребностей человека в режиме «наблюде-

---

программирования, лауреат премии Тьюринга (1971) за огромный вклад в область исследований искусственного интеллекта.

[1] *Интерфейс* – комплекс технических или программных средств, которые использует человек для общения с техническим устройством и для сопряжения различных аппаратных средств между собой.

ния-реагирования» технического устройства на основе поведения человека.

Таким образом, происходит усложнение интерфейса с каждым новым уровнем развития технологий, что способствует упрощению во взаимодействии человека с интеллектуальным техническим устройством.

Надо признать, что необходимость разработки и создания искусственного интеллекта обусловлена малой мощностью человеческого рассудка, то есть не большой «оперативной обработкой» для стремительно и постоянно растущих темпов жизни человека в 21 веке. Человеческий рассудок слишком мало делает операций в секунду для обработки огромного скоростного потока информации, очень малый объем информации находится в оперативной памяти человека. А также рассудок часто совершает много ошибок, так как неточен в выводе информации. Автоматизированные умные машины революционным скачком увеличивают инструментальные возможности человека в преобразовании и управлении его среды существования.

В связи с всеобщим интересом в последнее время к искусственному интеллекту как возможности автоматизации умственных способностей, на данный момент «наметилась тенденция понимать интеллект как *интегральную двуязычную систему*, которая имеет своей *функцией* перевод с языка пространственно-временных изображений на символически-операторный язык речевых символов. В этом случае интеллект предстает как познавательная деятельность любых сложных систем, способных к обучению, целенаправленной переработке информации и саморегулированию» [26].

Эволюционирование естественного (человеческого) интеллекта связано с «радиальным» развитием его самосознания, что позволит совершенно преобразоваться человечеству. Самосознание является частью сознания человека точно также, как и интеллект – часть общего сознания.

Феноменологический подход определяет интеллект как *особую форму содержания сознания*. Современная философия термин «сознание» определяет как – высшая, свойственная лишь человеку *форма отражения* объективной действительности, *способ отношения* человека к миру и самому себе, который опосредован всеобщими формами общественно-исторической деятельности людей [16].

Неоспоримой особенностью сознания является *целостное единство* всех компонентов *внешнего* и *внутреннего опыта*, который был пережит в прошлом, переживается сейчас, а также в *осознании единства прошлого*, *настоящего* и *будущего*. Однако, необходимо заметить, что

уровень развития сознания у разных людей в довольно широком диапазоне различен. «Умственная жизнь – не всеобщее достояние, в действительности она развита только у отдельных индивидов. У большинства же людей она либо не развита вообще, либо спит и нелегко пробуждается к активности. *Природа совершает эволюцию умственной жизни в человеке»*[14]. К. Ясперс в своей работе «Общая психопатология» пишет о том, что человеческая природа с особой отчетливостью определяется богатством или, наоборот, бедностью его влечений, что зависит от конкретного индивида.

Так, например, *фундаментальные принципы человеческого* по К. Ясперсу [20, 32]:

1. Человек – не просто разновидность животного; но и не чисто духовное существо, которое в прежние времена мыслилось как ангел. Скорее человек – это нечто единственное в своем роде. Отчасти он принадлежит к разряду живых существ, отчасти – к разряду ангелов, но отличается как от тех, так и от других. В проявлениях своего наличного бытия человек может уподобляться животным, а в основах своей природы – Божественному как трансценденции, которая есть источник его свободы.

2. Человек – объемлющее, которое есть мы: это наличное бытие, сознание вообще, дух – разум и экзистенция. И к тому же человек – путь к единству этих модусов объемлющего.

3. Человек – это открытая возможность, он не завершен и не может быть завершен. Поэтому человек всегда больше того, что он осуществил, и не тождествен тому, что он осуществил.

4. Человек осуществляет себя в определенных феноменах – поступках, мыслях, символах; и он все время восстает против этих ставших определенными феноменов, против того, что было утверждено им же самим. Перестав стремиться к преодолению фиксированных форм, Человек «усредняется» и отходит в сторону от естественных путей «человеческого».

5. Восхождению человека препятствуют три внутренних фактора:

(1) материал его внутренней жизни, его чувства, психические состояния, инстинкты, все данности его психической жизни, которые стремятся овладеть им и подавить его.

(2) непрерывный процесс сокрытия и искажения всех реалий психической жизни человека, то есть всего того, что он чувствует, о чем мыслит, чего хочет.

(3) пустота, источником которой служит нереализованность человека.

Человек по мере сил борется со всеми этими препятствиями в трёх направлениях:

1) Во-первых, он превращает себя в материал для внутренней работы; формирует и дисциплинирует себя, развивает свои способности.

2) Во-вторых, в противовес процессу сокрытия и искажения реалий психической жизни в нем развивается способность к прозрению, к достижению внутренней ясности.

3) В-третьих, он старается избежать пустоты благодаря внутренней активности: принимая решения, он создает для себя основу, на которую сможет положиться в тяжелой ситуации.

Суть человека проявляет себя на трех уровнях:

1. Человек проявляется как эмпирическая реальность, как нечто, рожденное и существующее в мире и доступное многостороннему объективному исследованию.

2. В модусах объемлющего человек, исходя из своих истоков, в результате достигает самопрозрения.

3. Живя в мире, человек пребывает в поиске и терпит крушения; обретая благодаря этому единство, и в результате осознает свое истинное начало и свое истинное предназначение.

Только на первом из этих трех уровней человек доступен научному исследованию. Для целей эмпирического исследования живой человек трансформируется в теоретическую модель, которая состоит из *свойств*, *состояний*, *компонентов*, *элементов*, *функций*, поэтому «что касается нашего знания о самих себе, то оно сталкивается со своими границами там, где мы начинаем ощущать нечто, проистекающее из нового источника и представляющее собой неизвестную реальность» [20, 32].

Философское осознание сути совокупности «человеческого» возможно сверх и вне рамок такой теоретической модели. Человеческое сознание непрерывно эволюционирует и человек всегда больше того, что он знает и может знать о себе, он больше того, что знает или может знать о нем кто-либо иной. Но попытки узнать о себе всё больше и больше будут продолжаться бесконечно, что и способствует эволюционированию.

В связи с естественным процессом эволюции человека и его сознания в культуре происходят революционные переломные моменты в развитии социокультуры. На основе комплексного представления, как технологии изменяют среду обитания людей, Шваб определил революционный порядок фундаментальных изменений через одну аграрную революцию и четыре промышленных [19]. Причем третья и четвертая промышленная революции по определению напрямую связаны с инфотехнологиями. Эффект от третьей промышленной революции при переходе на цифровое производство – это роботизация производства и бытовых устройств, а эффект от четвертой промышленной революции при пере-

ходе на системное синтез-производство – это «вездесущий» и мобильный Интернет, миниатюрные производственные устройства (которые постоянно дешевеют), возможность искусственного интеллекта и обучающиеся машины. Целостные внешние и внутренние преобразования всех систем по всем странам, отраслям и обществу в целом [4].

Резкий скачок очевидных изменений в развитии социокультуры и человеческого сознания происходит в связи с невероятно быстрым ростом базовых потребностей современного человека. «Можно сколь угодно долго (даже на протяжении многих воплощений) развиваться, но если человек не совершает «квантовый скачок» и НЕ переходит на следующий уровень сознания, то он как бы движется по кругу, раз за разом наступая на давно привычные грабли. Чтобы перейти на следующий уровень развития, то есть эволюционировать, он должен совершить «квантовый скачок»» [29], что и выражается в революционных изменениях столь стремительных, что сам момент, а иногда источник невозможно отследить в реальном времени-пространстве.

Необходимо заметить, что в стремительно высокотехнологический 21 век особое значение имеет создание *систем гибридного интеллекта* (или, как вариант, комбинированного интеллекта), который адекватно объединит мыслительные способности людей с возможностями искусственного интеллекта. Раньше в технических устройствах связь человека с техникой была с односторонним вектором – от человека к машине. Вектор обратной связи – от машины к человеку была весьма незначительная. В современных системах «Человек-компьютер» человек и техническое устройство являются сильными партнерами, которые решают общую задачу по эргономическому принципу преимущественных возможностей: человек делает то, что он может делать лучше технического устройства, а тот в свою очередь, делает то, что может делать лучше человека. Именно для этого на человеке лежит ответственность организации диалогового общения между человеком и искусственным интеллектом технических устройств и планирования их совместной деятельности с обязательной корректировкой её продолжения в зависимости от полученных результатов [26].

Рассмотрим совокупность интегративного интеллектуального единства с точки зрения концепции самоорганизации, которая, с нашей точки зрения, состоит из целостной системы основных факторов отбора в процессе самоорганизации. Роль побудительной творческой силы в процессе самоорганизации играют три основных фактора отбора: *тезаурус*, *детектор*, *селектор*, которые на основе принципа неравновесной устойчивости постоянно усложняются, двигаясь в развитии к идеальной точке *суператтрактора* [5, 6]. Таким образом в случае создания *систем*

гибридного интеллекта три основных фактора отбора мы определим следующим образом:

– *Тезаурус* – богатое множество возможных «подвижных» и сложных инфоструктур с постоянным обменом со средой: веществом, информацией, энергией. Посредством такого обмена инфоструктура поддерживает свою упорядоченность (низкую энтропию) за счет усиления беспорядка во внешней среде:

- ✓ «порядок» инфоструктуры существует за счет «хаоса», вносимого в среду;
- ✓ Благодаря своему «порядку» инфоструктура приобретает способность адекватно реагировать на хаотические воздействия среды и этим сохранять свою устойчивость.

– *Детектор* – системное противоречивое единство конкуренции и кооперации (изменение соотношения сил тех, «кто» делает выбор из множества возможностей), динамика которого трудно предсказуема и трудно постижима и в высшей степени загадочна, когда число инфоструктурных элементов, взаимодействующих внутри системы, очень велико.

– *Селектор* – это то, «что» определяет при сортировке «брать или не брать», то есть некий *критерий ценности*. Критерий ценности является маргинальным *связующим звеном* внутренней среды с внешней средой, так как оценивает характер отношений внутренней и внешней сред и находит выгодные условия для лучших отношений со средой, чем и определяет *принцип неравновесной устойчивости* [4].

Вот таким образом, с точки зрения синергетической концепции можно теоретически представить работу *систем гибридного интеллекта* в новой киберфизической среде.

«Поскольку машины выполняют более рутинные задачи, они высвобождают человеческие ресурсы для выработки более сложных подходов и решения проблем. Эта тенденция в будущем будет только усиливаться, так как машины постепенно смогут выполнять более сложные задачи» - говорится в отчете «The Richards Group» [28].

В научных исследованиях часто не учитывается многоуровневость и многосторонность структуры интеллекта. Так, например, сложная системность компонентов интеллекта в современной науке понимается, как обеспечение выполнения важных, но только *логических функций*:

– функция целеполагания,

– функция планирования ресурсов и

– функция построение стратегии достижения поставленных целей.

В западной психологии определяются иные *три логические функции* интеллекта [26]:

- обучающая функция,
- функция оперирования символами,
- функция активного овладения закономерностями окружающей действительности.

Интересно, что не один список логических функций не предполагает *функции чувственного восприятия* и *отражения*, которые лежат в основе всей живой среды и её развития, а также составляет основу *сознания* человека. Но, без этих системных структур никак не обойтись!

Безусловно, различное содержание деятельности человека требует развития определённых интеллектуальных способностей, которые относятся к логическим функциям. Но во всех случаях необходима достаточно развитая система чувствительности к новому, актуальным проблемам, к тенденциям возможного развития ситуации. А это уже про другую сторону информации, полученной с помощью *чувственного восприятия*.

Если обратиться для прояснения данной проблемы к работам профессора Денисова А. А. о структуре информационных полей, то определяем, что «информация об объекте оказывается запечатленной в окружающей среде как продукт его отражения и представляет собой такую же объективную реальность, как и сама среда. Однако информация *для нас* отличается от информации *в среде*…Поэтому, даже если отвлечься от субъективизма второго отражения и, насилуя здравый смысл, приписать атрибутику наших представлений среде, то и тогда поле – всего лишь *отражение объекта в окружающей среде*, распределенная в пространстве информация о нем... Что же касается наших представлений, то есть собственно поля, то вся его теория основана на точечном измерителе (заряде, массе) и потому далеко не адекватна той объективной информации об объекте, которую содержит среда» [9]. Заметим, что «информационные поля» А.А. Денисов разделяет на три категории: *информационное*, *смысловое*, *логическое*. При чем *основные формы существования* инфополя определены понятиями:

- чувственное отражение – в форме чувственной информации двух видов: информация восприятия или информация для нас;
- логическая информация – инфопотенциал;
- логическое пересечение – инфосложность в форме содержания, смысла;
- относительная инфопроницаемость среды.

Профессор Денисов А. А. считает, что основные формы существования информационного поля подчинены строгим принципам, выраженных в трех законах:

– Закон *чувственного отражения*, где информация есть функция материи.

– Закон *структуры*, если чувственное отражение протекает в пространстве и времени, то информация представляет собой *сумму потоков информации от* отдельных частей материальных *объектов* или от их совокупности.

– Закон *логического отражения* [11].

Очевидно, что все-таки придется добавить к *логическим функциям* интеллекта важную *функцию чувственного отражения*, без которой просто невозможно получить какую бы то ни было информацию от окружающей среды. В связи с этим на основе закона диалектики, возникает определение двойственной целостности распространения инфоволн:

– В инфоволне одновременно существует как *поле отражения* (чувственное), так и *целевое поле* (логическое).

– При прохождении инфоволны через нервную ткань, то в последней протекают вначале *процессы чувственного познания* (отражения) окружающей действительности, а затем *процессы планирования, целенаправленного* её изменения. После этого вновь идёт *процесс познания (анализ)* планов и *процесс составления (синтез)* усовершенствованных планов [10].

Возвращаясь к теме *систем гибридного интеллекта*, надо констатировать, что на сегодняшний день живая биоинтеллектуальная система человеческого сознания является ведущим компонентом в системах гибридного интеллекта, поскольку без столь сложной и постоянно развивающейся диссипативной структуры развитие искусственного интеллекта просто невозможно.

Таким образом, мы констатируем, что сколько бы не смешивались искусственный и естественный интеллекты для эффективной совместной деятельности, очевидно их различие принципиального значения, которое всё-таки будет оставаться, так как человеческий интеллект является *открытой системной живой структурой*, включающий в себя довольно сложные компоненты:

– Многоаспектный подвижный тезаурус сознания;

– Эволюционирование саморазвития тезауруса сознания;

– Полисемия зависимости и неоднозначность использования понятий, определяемых контекстом, внешними условиями;

– Маргинальность [4] открытой системы сознания;

– Индивидуальная неравновесность [2];

– Нелинейная одновременность энтропийных и негэнтропийных процессов [3];

– Системное целеобразование;

– Системность ценностей.

Для развития человеческого сознания базисом является живая материя, а жизнь (физическая, психическая, духовная) – условием. Для развития «искусственного интеллекта» базисом является искусственные технические элементы, а инфотехнологическое функционирование (физическое, информационно-автоматическое) – условием.

Развитие систем гибридного интеллекта возможно методами решения оптимизационных задач с использованием технологий генетического поиска, гомеостатических и синергетических принципов с элементами самоорганизации.

Возвращаясь к теме синергетической концепции, заметим, что суператтрактор, влекущий всеобщее развитие не является единичным точечным центром, напротив это динамичное облако довольно множественных центров притяжения в своей совокупности. Майнцер считает, что «интенциональность «не запасена» в мозге. Это свойство определенных сложных систем, которые можно смоделировать динамикой возникновения всё более *сложных аттракторов* в процессе эволюции жизни» [15]. И в процессе развития суператтрактор, отвечающий за устремлённость системы также довольно подвижен и изменчив в своем стремительном «сферическом» самоусложнении. «Мысль всегда воплощена в индивидуальную траекторию пути – в то существование индивида, в котором, благодаря его труду, созидается мысль» [27]. Чтобы человеку успеть за развитием всеобъемлющей жизни необходимо находить новые решения самопознания. В этом поможет «приобретённая сознанием способность сосредотачиваться на самом себе и овладеть самим собой как *предметом*, обладающим своей специфической устойчивостью и своим специфическим значением… Внутри себя живой элемент, до того *распылённый в смутном кругу восприятий и действий*, впервые превратился в точечный *центр*, в котором все представления и опыт связываются и скрепляются в *единое целое*, осознающее свою организацию. Вся эта деятельность внутренней жизни – не что иное, как возбуждение вновь образованного *центра*, воспламеняющегося в самом себе». Человек или любое другое «рефлексирующее существо в силу самого сосредоточения на самом себе становится способным развиваться в новой сфере. В действительности это возникновение нового мира» [18].

В завершении хочется сказать о том, что автоматизация умственных способностей естественного интеллекта никак нельзя считать отдельной от человека системой, которая способна принести пользу или

причинить вред. Точно также сам по себе камень или палка первобытных людей не является «вредными» или «полезными», и только в применении предметов людьми можно субъективно определить «по-доброму» или «по-злому» эти предметы были использованы. Точно так же искусственный интеллект является продолжением эволюционного развития «орудий труда» и «орудий защиты-нападения» для людей по той же траектории, что и тысячи лет назад, когда в процессе эволюции люди вместо каменного топора вооружились железным. Разница здесь (по концепции синергетики) в новом уровне всеобъемлющего использования богатства тезауруса возможностей мироздания – раньше был основным для жизнедеятельности людей – пространственно-временной физический уровень (вещество), сейчас при переходе на более высокий уровень развития – основным является информационный уровень (информация) – мы живем в информационную эпоху, но не за горами уже следующий основной уровень – системный энергийный с разной природой происхождения и функционирования (энергия). И следующий будет более опасен в использовании людьми в качестве «орудий труда» и «орудий защиты-нападения», поэтому будет требовать более осторожного отношения.

Список литературы

1. Аверкин А. Н., Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. – М.: Радио и связь, 1992. – 256 с.
2. Бауэр Э. С. Теоретическая биология. – М.-Л.: Изд. ВИЭМ, 1935 г. – 206с.
3. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – Критический обзор. // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов / Общ. ред. вст. ст. В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина. – М.: Прогресс, 1969.
4. Бобер Ж. Маргинальность в социокультурной системе. Жанна Бобер. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 341 с., С. 264-265, С.106., С. 139-140.
5. Бранский В. П., Пожарский С. Д. Глобализация и синергетический историзм. – СПб.: Политехника, 2004. – 400 с.
6. Бранский В. П., Пожарский С. Д. Социальная синергетика и акмеология. - СПб., 2001. – 159с. С.14-17.
7. Гуревич П. С. Интеллект // Философский словарь / Под ред. И. Т. Фролова. -7-е изд., перераб. и доп. – М.: Республика, 2001. – 719 с., С.210.
8. Данилова Н. Н., Крылова А. Л. Физиология высшей нервной деятельности, «Феникс», 2002.
9. Денисов А. А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. Изд. 3-е, перераб. и дополн.– СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 304 с., С.56-57.
10. Денисов А. А. Теоретические основы кибернетики: информационное поле. – Ленинград: Лен. Политех. Институт им. М. И. Калинина, 1975. – 54 с., С.51.
11. Денисов А. А. Теория информационного поля. – СПб.: Политехнический университет, 2011. – 280 с. С.8-22.
12. Ильясов Ф. Н. Разум искусственный и естественный // Известия АН Туркменской ССР, серия общественных наук. 1986. № 6. С. 46—54.
13. Катаева, Тина. Игры разума (по материалам беседы с Константином Анохиным) // «В мире науки» № 6, 2006.

14. Корнеенков С. С. Эволюция сознания человека в интегральной йоге // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии: сб. ст. по матер. XVII междунар. науч.-практ. конф. Часть II. – Новосибирск: СибАК, 2012.

15. Майнцер, Клаус. Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез. пер. с англ. и предис. Г. Г. Малинецкого. – М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 464 с. С.199.

16. Михайлов Ф. Т. Сознание // Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. -7-е изд., перераб. и доп. – М.: Республика, 2001. – 719 с. С.521-522.

17. Соколова И. В. Социальная информатика и социология: проблемы и перспективы взаимосвязи: монография. М.: Изд-во МГУ, 1999. – 184 с.

18. Тейяр де Шарден П. Феномен человека. – М.: Наука, 1987. – 240 с., С.136.

19. Шваб, Клаус. Четвёртая промышленная революция: пер. с англ./Клаус Шваб. – Москва: Издательство «Э», 2017. – 208 с.

20. Ясперс К. Общая психопатология. /Пер. с нем. Л. О. Акопяна под ред. докт. мед. наук В. Ф. Войцеха и канд. филос. наук О. Ю. Бойцовой, – М.: «Практика», 1997. – 1056 с. С. 686.

21. Andreas Kaplan; Michael Haenlein (2019) Siri, Siri in my Hand, who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations and Implications of Artificial Intelligence, Business Horizons, 62(1).

22. Haugeland, J. (1985). Artificial Intelligence: The Very Idea. Cambridge, Mass: MIT Press.

23. *Intellectus,* Encyclopædia Britannica.

24. Spearman C., (1904) General intelligence, objectively determined and measured. American Journal of Psychology, 15, с. 201–293.

И источники из сети Интернет

25. Алан Тьюринг. Могут ли машины мыслить? – М, 1960. URL: http://evrika.tsi.lv/index.php?name=texts&file=show&f=347.

26. Друкер П. Естественный и искусственный интеллекты. URL: http://udik.com.ua/books/book-584/chapter-20419.

27. Мелихов Г. В. «Феномен "начала мысли": Дескрипция условий и возможности события мысли» // Автореферат диссер. на уч. степ. кан. философских наук, г. Казань, 1996. – 112с.// Научная библиотека диссертаций и авторефератов. URL: http://www.dissercat.com/content/fenomen-nachala-mysli-deskriptsiya-uslovii-i-vozmozhnosti-sobytiya-mysli#ixzz5Qi4XH0Dp.

28. Меньшова Е. Комбинированный ИИ, персонализированный контент и 5G: как изменятся технологии в 2019 году в прогнозах экспертов (часть 2). URL: http://news.ifmo.ru/ru/startups_and_business/initiative/news/8141.

29. Старовойтова, Алена. Квантовый скачек: Что вас удерживает от него? URL: https://kluchimasterstva.ru/kvantovyiy-skachok-chto-vas-uderzhivaet-ot-nego#7-urovnej-kvantovogo-soznaniya.

30. Осипов Г. С. Искусственный интеллект: состояние исследований и взгляд в будущее. URL: http://www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html

31. Шамин Е. А, Генералов И. Г., Завиваев Н. С., Черемухин А. Д. Сущность информатизации, ее цели, субъекты и объекты. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/suschnost-informatizatsii-ee-tseli-subekty-i-obekty.

32. Ясперс К. Общая психопатология. URL: http://psychiatry.ru/siteconst/userfiles/file/PDF/yaspers.pdf.

33. John McCarthy. WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE? URL: http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html.

УДК 008

Черный Юрий Юрьевич,
канд. филос. наук,
руководитель Центра по изучению проблем информатики,
доцент кафедры медиаобразования
Института журналистики, коммуникаций и медиаобразования

ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Институт научной информации по общественным
наукам РАН (ИНИОН РАН),
Московский педагогический государственный университет.
Москва, Россия
yuri.chiorny@mail.ru

Аннотация. В статье обосновывается необходимость философского осмысления инновационных технологий Четвёртой промышленной революции. В качестве примера приведены технологии виртуальной и дополненной реальности. Выбор этого вида технологий связан с тем обстоятельством, что в ближайшие годы после внедрения нового стандарта мобильной связи 5G они приобретут массовый характер и затронут не только производственную сферу, но и все остальные сферы жизни и деятельности.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, информационное общество, инновационные технологии, киберпространство.

Yuri Yu. Chernyy,
Ph. D, Head of the Center for Study in Informatics,
Associate Professor of the Department of Media Education,
Institute of Journalism, Communications and Media Education

PHILOSOPHICAL FOUNDATIONS OF THE TECHNOLOGIES OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY

[2] Institute of Scientific Information for Social Sciences
of the Russian Academy of Sciences.
Moscow State Pedagogical University.
Moscow, Russia
yuri.chiorny@mail.ru

Abstract. The article substantiates the need for a philosophical understanding of innovative technologies of the Fourth Industrial Revolution. As an example, virtual and augmented reality technologies are given. The choice of this type of technology is associated

with the fact that in the coming years after the introduction of the new 5G mobile standard, they will become widespread and affect not only the manufacturing sector, but all other areas of life and activity.

Keywords: virtual reality, augmented reality, information society, innovative technologies, cyberspace.

Общие сведения

Виртуальная реальность (англ. virtual reality, VR) — технически конструируемая интерактивная среда, позволяющая пользователю погрузиться в искусственный мир и действовать в нём с помощью специальных устройств. При этом зрительные, слуховые, осязательные, моторные и другие ощущения человека заменяются их имитацией. Для виртуальной реальности характерны такие признаки, как моделирование в реальном масштабе времени, имитация окружающей обстановки с высокой степенью реализма и возможность обратной связи [1].

В определённом смысле виртуальную реальность можно считать продолжением развития изобразительных средств искусства. В то же время она выходит далеко за его пределы, становясь средством моделирования и исследования реального мира, а в некоторых случаях — и его подмены. Компьютерные технологии расширяют возможности систем виртуальной реальности, позволяя создать ничем не ограниченные возможности путешествия в виртуальных мирах [2].

Дополненная реальность (англ. augmented reality, AR) — общее название технологий внесения цифрового контента в физический мир в режиме реального времени. Возможности дополненной реальности ограничиваются особенностями используемых устройств и программ. Интеграция виртуального контента в реальный мир создаёт основу для его дальнейшей виртуализации.

В 1994 г. профессор Торонтского университета (Канада) Пол Милгром и профессор Осакского университета (Япония) Фумио Кисино описали пространство между реальностью и виртуальностью, назвав его «континуумом виртуальности» [3]. Это пространство образуется четырьмя элементами: реальностью, дополненной реальностью, дополненной виртуальностью и виртуальной реальностью. Реальность и виртуальная реальность располагаются по краям, а дополненная реальность и дополненная виртуальность находятся между ними, образуя так называемую *смешанную реальность* (англ. mixed reality, MR). В смешанной реальности физические и цифровые объекты сосуществуют и взаимодействуют в реальном времени. Дополненная реальность оказывается ближе к обычной реальности, а дополненная виртуальность — к виртуальной реальности [4].

Что такое реальность, или Насколько можно ли доверять чувствам?

В 1981 г. американский философ Хилари Патнэм предложил мысленный эксперимент под названием «Мозг в колбе», иллюстрирующий зависимость человека в понимании действительности от его субъективных ощущений. Суть эксперимента состоит в том, что некий любопытный учёный извлекает мозг подопытного человека из тела, помещает его в колбу с питательным раствором и подключает нейроны к компьютеру, генерирующему электрические импульсы. Компьютер может симулировать виртуальную реальность, благодаря чему человек, которому принадлежит мозг, несмотря на отсутствие тела, будет по-прежнему осознавать себя существующим и постигающим окружающий мир.

Мысленный эксперимент Патнэма стал физиологической моделью концепции субъективного идеализма ирландского философа XVIII в. Джорджа Беркли, автора знаменитого положения «Существовать — значит быть воспринимаемым» (лат. esse est percipi). Та же проблема встречается раньше у французского философа Рене Декарта. В 1641 г. в «Размышлениях о первой философии» рационалист Декарт предположил существование злого гения, который воздействует на наши органы чувств и тем самым создаёт сумятицу: «Итак, я сделаю допущение, что не всеблагой Бог, источник истины, но какой-то злокозненный гений, очень могущественный и склонный к обману, приложил всю свою изобретательность к тому, чтобы ввести меня в заблуждение: я буду мнить небо, воздух, землю, цвета, очертания, звуки и все вообще внешние вещи всего лишь пригрезившимися мне ловушками, расставленными моей доверчивости усилиями этого гения...» [5].

Большинство людей не сомневается в том, что мир, доступный органам чувств, представляет собой единственную и подлинную реальность. Тем не менее нельзя исключить возможности того, что всё, с чем мы имеем дело, не более чем часть грандиозной иллюзии, внушённой нам, например, суперкомпьютером. Если допустить такую возможность, то наше знание об окружающем мире может оказаться ложным.

Образ мозга в колбе вышел за пределы академической науки и обрёл популярность в массовой культуре. Одним из его наиболее успешных воплощений стала кинотрилогия «Матрица», в которой компьютерный хакер Нео обнаруживает, что мир Америки конца XX — начала XXI века на самом деле — компьютерная симуляция, созданная зловещим киберинтеллектом, а люди соединены проводами с гигантским компьютером и обитают в капсулах, заполненных питательной жидкостью. Распознать симуляцию помогает красная таблетка, предложенная Нео Морфеусом. Синяя таблетка позволяет остаться в блаженной неизвестности иллюзии,

созданной Матрицей, а красная приводит в более сложный и жестокий мир «правдивой реальности».

Знаменитой аллегорией, демонстрирующей неполноту чувственного опыта, является миф о пещере, использованный Платоном в 7-й книге диалога «Государство». По Платону, пещера — это чувственный мир, в котором живут люди. Подобно узникам пещеры, они полагают, что благодаря органам чувств имеют дело с истинной реальностью. Но такая жизнь — всего лишь иллюзия. Более полное представление об истинном мире, каким является мир идей, и в особенности идея блага, может получить философ путём формулировки вопросов и поиска ответов на них. Познание и понимание сущности вещей требует труда и усилий. Сделать это знание достоянием всего общества невозможно: большинство людей не в состоянии оторваться от иллюзий повседневного восприятия.

В 2003 г. шведский философ, профессор Оксфордского университета (Великобритания) Ник Бостром опубликовал статью под названием «Доказательство симуляции». В ней он обосновал гипотезу о том, что реальность нашего мира представляет собой иллюзию, воссозданную компьютерной программой [6]. Пока рано делать выводы о том, насколько гипотеза симуляции соответствует действительности. Но несомненно то, что самой постановке этого вопроса способствовал прогресс в области цифровых технологий.

Информационное общество — эпоха утраты предметной реальности

В фильме «Матрица» Нео достаёт компьютерный диск из книги французского философа Жана Бодрийяра «Симулякры и симуляция» (1981), в которой исследуется взаимосвязь между реальностью, символами и обществом. И хотя в одном из интервью Бодрийяр утверждал, что «Матрица» неправильно понимает и искажает его работу, всё же книга приобрела широкую известность во многом благодаря этой кинотрилогии. Также стало проще понимать, о чём писал автор и что такое Матрица.

Как вспоминали режиссёры Ларри и Энди Вачовски, на создание фильма их натолкнули слова из самого начала «Симулякров и симуляции»: «Реальное производится на основе миниатюрнейших ячеек матриц и запоминающих устройств, моделей управления — и может быть воспроизведено неограниченное количество раз» [7]. До начала съёмок все актеры, занятые в главных ролях, а также основные члены съёмочной группы должны были в обязательном порядке прочитать эту книгу.

Искусственную, виртуальную реальность, которая воздействует на настоящую реальность разрушающим образом и стремится подменить её собой, Бодрийар именует *гиперреальностью* (от др.-греч. ὑπέρ — над,

сверху и лат. realis — вещественный, действительный). Основу гиперреальности составляет *симуляция*, а её единицами являются *симулякры* (от лат. simulo — делать вид, притворяться), представляющие собой нечто, не существующее в объективной реальности. Если реальность производит, то гиперреальность — только симулирует.

Традиционно знак всегда указывал на нечто реально существующее. Симуляции, создаваемые средствами массовой коммуникации и компьютерными технологиями, приводят к стиранию границ между знаками и действительностью. Самоподдержание социальной системы продолжается как симуляция, скрывающая отсутствие «глубинной реальности». Примеры симулякров — вино без алкоголя (как бы вино), кофе без кофеина (как бы кофе), бесчисленные ароматизаторы и «улучшатели вкуса», добавки к какой-либо химической массе, составу, делающие их «яблочнее яблока», «земляничнее земляники», «розовее розы». Это искусственные цветы, которые ярче и красивее естественных, бетонная стена «под мрамор», пластмассовый стол «под дерево», соевая колбаса «под мясо», певцы с «Фабрики звёзд», выражающие не себя, а замысел и проект продюсера [8].

Симулякр — это пустая форма, образ отсутствующей действительности. С его смысловым значением сопряжен целый ряд других понятий: видимость, фантазм, фикция, блеф, муляж, манекен, подделка, маска, обман, мираж и другие. Хотя термин «симулякр» встречается ещё у Платона и означает у него «копию копии», именно в философии Бодрийяра он получил наиболее полное обоснование с учётом специфики информационного общества. Бодрийяр выдвинул тезис о четырёх стадиях эволюции знака, который вместо того, чтобы отражать истинную реальность, приводит к её искажению и, в конечном итоге, перестаёт иметь к ней какое-либо отношение. Первая стадия – отражение некой глубинной реальности; вторая – маскировка и извращение этой реальности; третья – маскировка отсутствия всякой глубинной реальности; четвёртая – утрата всякой связи с реальностью, переход из строя видимости в строй симуляции.

Полученная из-под ксерокса бумага может быть чётче и лучше той, которую она воспроизводила. Картина великого художника, «облагороженная» компьютером, отступает на второй план перед своей копией. Оцифрованная копия источника ценится выше печатного оригинала. Ароматизированная и дополненная пищевыми химикатами колбаса вкуснее натурального мяса. Люди на экране красивее, чем в жизни, и встреча с ними обычно приносит разочарование. По мнению философа В.А. Кутырёва, драматизм ситуации состоит в том, что при симуляции качество получаемой реальности оказывается выше, но это уже реальность иного, нечеловеческого. Собственно человеческое бытие, не опо-

средованное техникой, становится для неё не обязательным, «не настоящим» [Там же].

Бодрийяра называли философом-фантастом до тех пор, пока многое, о чём он писал, не начало воплощаться в жизнь. По Бодрийяру, реальное и виртуальное настолько переплелись, что уже невозможно отличить одно от другого и гиперреальность, в которой все мы пребываем, крайне сложна и очень пугающа. Ужас при этом заключается в том, что то, чего нет, уничтожает то, что есть, а то, что есть, не может уничтожить то, чего нет. Налицо аналогия с чёрной дырой: чем больше в гиперреальность попадает материи, тем сильнее она разрастается. Поэтому ей не надо сопротивляться. Напротив, следует смело в неё входить [9].

Виртуальная реальность киберпространства

Киберпространство — второй мир, существующий «внутри» компьютеров и компьютерных сетей — тоже имеет виртуальную природу. Автором термина «киберпространство» является канадский писатель-фантаст Уильям Гибсон.

В интервью журналу «Пэрис ревью», опубликованном летом 2011 г., Гибсон вспоминал, что в начале 1980-х годов ему не хватало арены для научной фантастики — тема космоса и космических кораблей себя исчерпала. Однажды в Ванкувере, проходя мимо зала с игровыми автоматами, он увидел детей, поглощённых процессом игры. Ему показалось, что дети хотят оказаться полностью внутри создаваемого машиной воображаемого пространства. Обнаружив через некоторое время на автобусной остановке постер фирмы Эппл с рекламой персонального компьютера, Гибсон подумал о том, что возможно в будущем каждый захотел бы иметь такое устройство и жить внутри него. Оставалось только найти имя новому фантастическому миру. «Так что первое, что я сделал, — вспоминал писатель, — это засел со своими жёлтым блокнотом и ручкой Шарп и начал выцарапывать: инфопространство, пространство данных… Думаю, я добрался до «киберпространства» с третьего слова, и подумал: О! вот это действительно странное слово. Мне нравилось, как оно ощущается на языке — я думал: оно звучит так, как будто означает нечто, при этом оставаясь по сути пустым» [10].

По Гибсону, объективно никакого киберпространства не существует. В романе «Нейромант», вышедшем в свет в 1984 г., он назовет киберпространство (матрицу) коллективной галлюцинацией миллиардов людей, которую они испытывают одновременно в разных географических местах, соединённые друг с другом через компьютерную сеть: «Матрица произошла от примитивных электронных игр, ранних графических программ и военных экспериментов, связанных с попытками подключения различных управляемых устройств непосредственно к головному мозгу…

/…/ Киберпространство. Согласованная галлюцинация, создаваемая и поддерживаемая день ото дня миллиардами операторов всех наций, начиная с детей, изучающих азы математических наук... Логическое представление сведений, содержащихся в памяти и на магнитных носителях всех компьютеров всего разумного человечества. Потоки данных, протекающие в пространстве разума; скопления и созвездия информации» [11].

История развития технологий виртуальной и дополненной реальности [12]

В 1957 г. американский кинематографист и изобретатель Мортон Хейлиг создал, а в 1962 г. запатентовал первый в мире виртуальный симулятор под названием «Сенсорама». Аппарат представлял собой громоздкое устройство, внешне напоминающее игровые автоматы 1980-х, и позволял зрителю испытать опыт погружения в виртуальную реальность, например, прокатиться на мотоцикле по улицам Бруклина. «Сенсорама» погружала зрителя в виртуальную реальность при помощи коротких шумов, сопровождавшихся запахами, ветрами (при помощи фена), вибрирующим сиденьем и шумом мегаполиса с аудиозаписи. Изобретение Хейлига вызывало недоверие у инвесторов, вследствие чего «отцу виртуальной реальности» пришлось прекратить свои разработки.

В 1964 г. польский писатель Станислав Лем в книге «Сумма технологии» под термином «Фантомология» описал задачи и суть ответа на вопрос: «Как создать действительность, которая для разумных существ, живущих в ней, ничем не отличалась бы от нормальной действительности, но подчинялась бы другим законам?»

В 1968 г. Айвен Сазерленд и один из его студентов Боб Споулл создали первую систему виртуальной реальности на основе головного дисплея. Из-за своего грозного вида громоздкое устройство, которое подвешивалось к потолку, получило соответствующее название — «Дамоклов меч».

В конце 1960-х годов компьютерный художник Майрон Крюгер ввёл понятие искусственной реальности.

В 1970-е годы видеосъёмка, использовавшаяся в симуляторах, была заменена компьютерной графикой. Первой реализацией виртуальной реальности на новой основе считается «Кинокарта Аспена», созданная в Массачусетском технологическом институте в 1977 г. Эта компьютерная программа симулировала прогулку по городу Аспен, штат Колорадо, давая возможность выбрать между разными способами отображения местности. Летний и зимний варианты были основаны на реальных фотографиях.

В том же году Даниэль Сандин, Ричард Сейр и ряд других инженеров из фирмы EVL изобрели перчатку, с помощью которой можно было

передавать в компьютер данные о движении руки. Устройство получило название «Перчатка Сейра».

В 1982 г. Томас Зиммерман запатентовал установку в перчатку оптических датчиков. Перчатка Зиммермана была предназначена для совмещения акустической гитары и компьютера и передавала на последний данные о положении пальцев, а компьютерная программа преобразовывала полученные данные в звук.

В 1989 г. талантливый изобретатель Джарон Ланье, основатель и глава компании VPL Research, предложил популярный ныне термин «виртуальная реальность». Его компания разработала более современное оборудование для виртуальной реальности — очки «EyePhone» и перчатку «DataGlove».

Дополненная реальность шла рука об руку с виртуальной вплоть до 1990 г., когда специалисты корпорации «Боинг» Том Коделл и Дэвид Майзелл впервые предложили термин «дополненная реальность». В 1992 г. Льюис Розенберг разработал одну из самых ранних систем дополненной реальности для ВВС США.

В 1990-е годы австралийка Джули Мартин осуществила соединение виртуальной реальности с телевидением. Тогда же начались разработки игровых платформ с использованием технологий виртуальной реальности. В 1991 г. японская компания Sega анонсировала набор «Sega VR», но до выпуска он не дошёл — тестировщиков тошнило, у них кружилась голова. Высокая стоимость устройств, разработанных в 1990-е годы, их скудное техническое оснащение и побочные эффекты вынудили людей на время забыть о технологиях виртуальной и дополненной реальности.

Настоящий бум этих технологий случился в начале 2010-х годов. 1 августа 2012 г. малоизвестный стартап Oculus запустил на платформе «Kickstarter» кампанию по сбору средств на выпуск шлема виртуальной реальности. Разработчики обещали пользователям «эффект полного погружения» за счёт применения дисплеев с разрешением 640 на 800 пикселей для каждого глаза. Необходимые 250 тыс. долларов были собраны уже за первые четыре часа. 6 января 2015 г. начались предпродажи первого серийного потребительского шлема виртуальной реальности «Oculus Rift CV1». Это стало символическим началом бума технологий виртуальной реальности и взрывного роста инвестиций в эту отрасль.

С 2014 г. у разработчиков потребительских VR-технологий появилось два разных пути эволюции. Идеология *Oculus Rift* предлагает законченную систему со своими датчиками, линзами, экранами и процессорами обработки, которую следует подключать к довольно производительному компьютеру. Идея Google, реализованная в концепции *Google Cardboard*, более оригинальна. Она предлагает взять уже имеющийся у поль-

зователя смартфон и смоделировать виртуальную реальность на нём, обманывая глаза пользователя с помощью простейших очков, куда вставляется этот смартфон. Самому гаджету остаётся поделить экран на две части и вращать виртуальный мир вслед за поворотом головы [13].

Дополненная реальность начала получать массовое распространение с 2012 г. благодаря устройству «Google Glass». Пик её популярности связан с вирусом «покемономании», распространившемся по всему миру летом 2016 г. благодаря многопользовательской ролевой мобильной игре «Pokémon Go» компании Niantic.

Применение технологий виртуальной и дополненной реальности

Основная тенденция развития технологий виртуальной и дополненной реальности заключается в том, что они становятся всё ближе к естественному миру. Эти технологии находят применение в самых разных сферах — военном и инженерном деле, промышленности, образовании и науке, медицине, дизайне, торговле, маркетинге и сфере развлечений (игры, кино, музыка, спортивные трансляции и шоу).

В 2014 г. Фейсбук приобрела компанию Oculus VR за 2 млрд. долларов, а в 2017 г. запустила социальную сеть *Facebook Spaces* с 3D-аватарами и возможностями VR-взаимодействия [14].

Крупные компании выпускают собственные гарнитуры виртуальной реальности (HTC Vive, Oculus Rift, PlayStation VR), разрабатывая под них эксклюзивные игры и программное обеспечение. Но всё может измениться, если производители начнут взаимодействовать друг с другом, делиться опытом и популяризировать технологии. С этой целью крупными компаниями отрасли в конце 2016 г. была образована Глобальная ассоциация виртуальной реальности, которая будет заниматься развитием и продвижением VR [15]. В ассоциацию вошли Acer (*Starbreeze*), Google (*Cardboard, Daydream*), HTC (*Vive*), Facebook (*Oculus Rift*), Samsung (*Gear VR*), Sony (*PlayStation VR*) и другие.

Российский рынок виртуальной и дополненной реальностей представлен главным образом небольшими фирмами, которые делают проекты на базе зарубежных разработок (*Oculus Rift, HTC Vive*). Однако, есть и исключения. Так, российская компания Boxglass [16] не только снимает видео в формате 360 и разрабатывает AR/VR-приложения, но и производит собственные очки виртуальной реальности. Другая молодая компания VE Group называет себя системным интегратором в области 3D-визуализации и систем виртуальной реальности. Помимо разработки центров визуальных исследований [17], она предлагает VR-решения для нефтегазовой отрасли, образования и строительства.

Футуролог Роберт Скоубл предсказывает в ближайшие годы восемь изменений, благодаря которым технологии виртуальной и дополненной реальности изменят повседневную жизнь:

1. Их станет проще использовать.

Пример — новые очки смешанной реальности *Microsoft HoloLens*, позволяющие создавать столько экранов, сколько нужно.

2. Обе технологии будут развиваться совместно.

Нам будет всё сложнее проводить границу между виртуальной и дополненной реальностью.

3. Чтобы весь мир стал использовать AR/VR, нужно 1-3 года.

Первопроходцем здесь скорее всего станет компания Apple, которая разработает новый смартфон с поддержкой AR/VR. За ней подтянутся другие производители более дешёвых устройств на Android — в первую очередь Google, Samsung и HTC. Следующий этап развития индустрии — очки.

4. Ближайшие три года будут «временем Apple».

Как и в момент выхода первого iPhone, Apple выиграет в скорости.

5. Ажиотаж вокруг AR/VR спадёт через несколько месяцев.

Сегодня о технологиях виртуальной и дополненной реальности так много говорят, потому что на самом деле их практически никто не использует. Через несколько месяцев мы увидим, что про AR/VR будут говорить мало, потому что с выходом нового айфона они станут частью нашей повседневной жизни. А к 2020 г. собственные очки собирается выпустить и Facebook.

6. Будущее — за компаниями, у которых больше данных.

С высокой вероятностью выходить вперёд на рынке AR/VR будут те компании, которые владеют большим объёмом данных, в том числе о собственных пользователях.

7. За этими компаниями стоит следить.

8. Технологии будут менять все сферы жизни.

Развитие AR и VR затронет абсолютно все сферы жизни, где есть расчёты и компьютеризация [18].

Список литературы

1. Грицанов А.А. Виртуальная реальность // Постмодернизм [Энциклопедия] [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://fil.wikireading.ru/40863

2. Каганов Ю.Т, Виртуальная реальность // Глобалистика. Энциклопедия / Гл. ред. И.И. Мазур, А.Н. Чумаков; Центр научных и прикладных программ «ДИАЛОГ». - М.: ОАО Издательство «Радуга», 2003. - С. 113-114.

3. Бояршинов Я.П. Об использовании технологий дополненной реальности в печатных изданиях [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/35810/1/kd_2015_02.pdf.

4. Виртуальная, дополненная и смешанная реальность: суть понятий и история развития // Geektimes. 29.02.2016 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geektimes.ru/company/dronk/blog/271594/

5. Декарт Р. Размышления о первой философии. Первое размышление [электронный ресурс]. - Режим доступа: http://psylib.org.ua/books/dekar02/txt03.htm

6. Бостром Н. Доказательство симуляции. Пер. с англ. А.В. Турчина [электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.proza.ru/2009/03/09/639

7. Бодрийар Ж. Симулякры и симуляция [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lit.lib.ru/k/kachalow_a/simulacres_et_simulation.shtml

8. Кутырёв В.А. Философия постмодернизма: Научно-образовательное пособие для магистров и аспирантов гуманитарных специальностей. – Нижний Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии государственной службы, 2006. – 95 с.

9. Жан Бодрийяр. Симулякры и симуляция. (Впервые на русском!) Добро пожаловать в пустыню реального // Exsistencia. 14 декабря 2011 г. [электронный ресурс]. - Режим доступа: https://exsistencia.livejournal.com/12038.html

10. William Gibson. The Art of Fiction. No. 211. Interwieved by David Wallace-Wells [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.theparisreview.org/interviews/6089/the-art-of-fiction-no-211-william-gibson. См. также сокращённый русский перевод этого интервью: http://cyberclock.cc/forum/showthread.php?t=708

11. Гибсон У. Нейромантик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lib.ru/GIBSON/gibso01.txt

12. Печеровый А. Дополненная реальность: будущее мобильных устройств? // Mforum.ru. 25.02.2013 [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mforum.ru/phones/tests/102952.htm; Скрынникова А. Всё, что нужно знать про VR/AR-технологии // Rusbase. 28.06.17 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/; Виртуальная реальность. Как VR используется в бизнесе и медиа. 18.10.2017 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://blog.dti.team/virtualnaya-realnost/#pervye-prototipy

13. Соловьёв А. Смартфон и VR. Обзор доступных виртуальных систем // Mobileimho.ru. 12.11.2016 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mobileimho.ru/reviews/smartfon-i-vr-obzor-dostupnyh-virtualnyh-sistem/

14. Скрипин В. Facebook Spaces — соцсеть в виртуальной реальности с 3D-аватарами и невероятными возможностями VR-взаимодействия (пока только для владельцев очков Oculus Rift) // ITCua. 19.04.2017 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itc.ua/news/facebook-spaces-sotsset-v-virtualnoy-realnosti-s-3d-avatarami-i-neveroyatnyimi-vozmozhnostyami-vr-vzaimodeystviya-poka-tolko-dlya-vladeltsev-ochkov-oculus-rift/

15. Global Virtual Reality Association [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gvra.com/

16. Boxglass. Лаборатория решений виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://boxglass.ru

17. VE Group. Виртуальная реальность [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ve-group.ru/portfolio-category/ve-cave/

18. Зыкова С. 8 предсказаний Роберта Скоубла о будущем AR/VR технологий // Rusbase. 23.08.2017 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rb.ru/story/ar-vr-predictions/

УДК 004.8(075.4)

Москвин Виктор Андреевич,
д-р экон. наук, профессор

ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ НЕ ХВАТАЕТ ИНТЕЛЛЕКТА

Россия, г. Москва
vamoskvin@mail.ru

Аннотация. Рассматривается версия причины недавних катастроф, произошедших с самолетом Boeing 737 Max. как следствие чрезмерного оснащения управления самолетами автоматикой, представляющей собой системы со слабым искусственным интеллектом. Эти системы недостаточно согласованы между собой и не могут полноценно заменить человеческий интеллект при возникновении сложных ситуаций.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, система управления, самолет, авиакатастрофы.

Viktor A. Moskvin,
Doctor of Economic Sciences, Professor

ARTIFICIAL INTELLIGENCE LACKS BRAIN

Russia, Moscow
vamoskvin@mail.ru

Abstract. One of the versions of recent air crashes of Boeing 737 Max is highly likely to be linked with excessive equipment of aircraft navigation with automatic gadgets that represent systems with weak artificial intelligence. All these systems are poorly adjusted to each other and are unable to replace human brain in aggravated circumstances.

Keywords: Artificial intelligence, system, management, plane, air crash.

Введение

С 13 марта 2019 г. не летает весь мировой парк новейшей модели Boeing 737 Max 8. Его остановили регуляторы и авиакомпании после крушения 10 марта самолета авиакомпании Ethiopian Airlines. 29 октября 2018 г. похожую катастрофу потерпел другой Boeing 737 Max 8 – малазийской Lion Air. Лайнеры останутся на земле, до появления результатов расследования, которое займет несколько месяцев. ***Также Boeing пообещал обновить программное обеспечение системы управления самолетом, которая предположительно стала причиной трагедии***.

Возможно расследование этих трагедий продлится много месяцев и еще неизвестно, какие результаты, в смысле причин аварий, будут объ-

явлены. Однако, в некоторых обстоятельствах этих аварий, имеющих глубокие системные корни, можно разобраться уже сейчас. Попробуем это сделать.

1. Вероятная причина катастроф

Обе катастрофы произошли аналогично. Самолет оторвался от земли, начал набирать скорость, вдруг пошел вниз и врезался в землю.

Для того, чтобы это произошло закрылки поднимающегося самолета должны поменять свое положение и направить самолет к земле. Наверняка это произошло внезапно для пилотов и без их команды, а они не успели среагировать и исправить положение в ручном режиме.

Почти наверняка, пилотов подвел искусственный интеллект (ИИ) – совокупность автоматических систем с датчиками, которыми буквально нашпиговано система управления самолетом, которая предназначена помогать пилотам при взлете и посадке самолета. При благоприятных или нормальных условиях эти системы действительно могут помогать управлять самолетом, решая некоторые задачи управления в автоматическом режиме. Создатели этой системы считали, что оснастив Boeing 737 Max набором электронного оборудования, позволяющего решать целый ряд задач по управлению самолетом, вплоть до автоматической посадки и взлета лайнера, они создали виртуального совершенного автопилота, добавив его в кабину самолета к двум летчикам.

Но в этом была серьезная системная ошибка. ***Начинив лайнер системами со слабым искусственным интеллектом, предназначенными для решения частных задач, разработчики систем, управляющим самолетом, не учли, что этим системам необходимо обеспечить хорошее сопряжение между собой и общее автоматическое управление в рамках единой системы.*** Качественно такое общее управление может обеспечить только система более высокого интеллектуального уровня, чем системы, решающие частные задачи. А это уже проблема.

Кроме того, нужно учитывать, что пилотирование самолетов иногда приходится осуществлять в очень трудных условиях. Например, некоторое время назад, на Ю Тубе было размещено видео, снятое в кабине Boeing 737, на котором польский пилот сажал самолет при сильном боковом ветре. Штурвал в руках пилота рвался из его рук, напоминая рога свирепого быка. Это было жутковатое зрелище, но пилот удержал штурвал, справился с посадкой и самолет побежал по взлетной полосе, а летчик улыбнулся и облегченно вздохнул. Так что не все просто с управлением, даже самым современным самолетом, могут быть трудности и «сюрпризы».

То, что летчикам при подъеме помогала система ИИ с программным обеспечением, которое обещано обновить, известно из приведенного выше заявления самой компании Boeing.

Выходит, что если исключить банальные механические поломки системы управления, а что они произошли - это не очень вероятно, то можно полагать, что ***в обоих случаях системы ИИ не справились с ситуацией и неадекватно решали возникшие задачи***. Это и стало причиной обеих катастроф. Но почему такое могло произойти?

Вполне можно полагать, что возникшие в реальности задачи по управлению самолетом оказались значительно сложнее тех, на которые была рассчитана разработанная система ИИ. Поэтому она и выдала неверные решения по пространственной ориентации закрылков, что привело к падению обоих лайнеров. Это означает, что роковой неисправности в системах управления самолетами не было, просто эти системы не справились с более сложными задачами, чем те, на которые были рассчитаны.

Но если это так, то ***вина за катастрофы ложится не на пилотов или технический персонал, обслуживающий самолеты, а на разработчиков системы управления самолетом Boeing 737 Max 8, создавших неадекватные реальности системы***. Кстати, возможно и то, что экипаж индонезийского лайнера, управлявший тем же самолетом в рейсе, который предшествовал катастрофе, справившийся с отказом датчика угла атаки, но не описавший ситуацию в отчете о полете, может иметь простое объяснение. Возможно, что в практике этого экипажа такой отказ датчика ранее уже происходил и может быть неоднократно.

Итак, почему же система управления не справилась с возникшими ситуациями? Что можно предполагать.

2. Предел возможностей системы искусственного интеллекта

Очевидно, что свои пределы возможностей есть у любой системы в нашем мире. Имеются они и у системы управления самым современным лайнером.

Система управления современным лайнером фактически не является полностью автоматической. Она сочетает автоматическое решение некоторых задач с ручным управлением решением других задач экипажем самолета. Это значит, что между автоматикой или системами искусственного интеллекта и людьми все задачи должны быть четко распределены и выполняться согласованно. При этом надо хорошо понимать, что может передаваться системе ИИ, и что передавать нельзя, например, потому, что она с такой задачей качественно пока не справится.

Теперь рассмотрим рис. 1, на котором показана гипотеза автора о взаимосвязи интеллектуальной сложности свойств интеллекта и силы их

проявления в текущий момент времени, которые представлены соответствующими координатными осями [1].

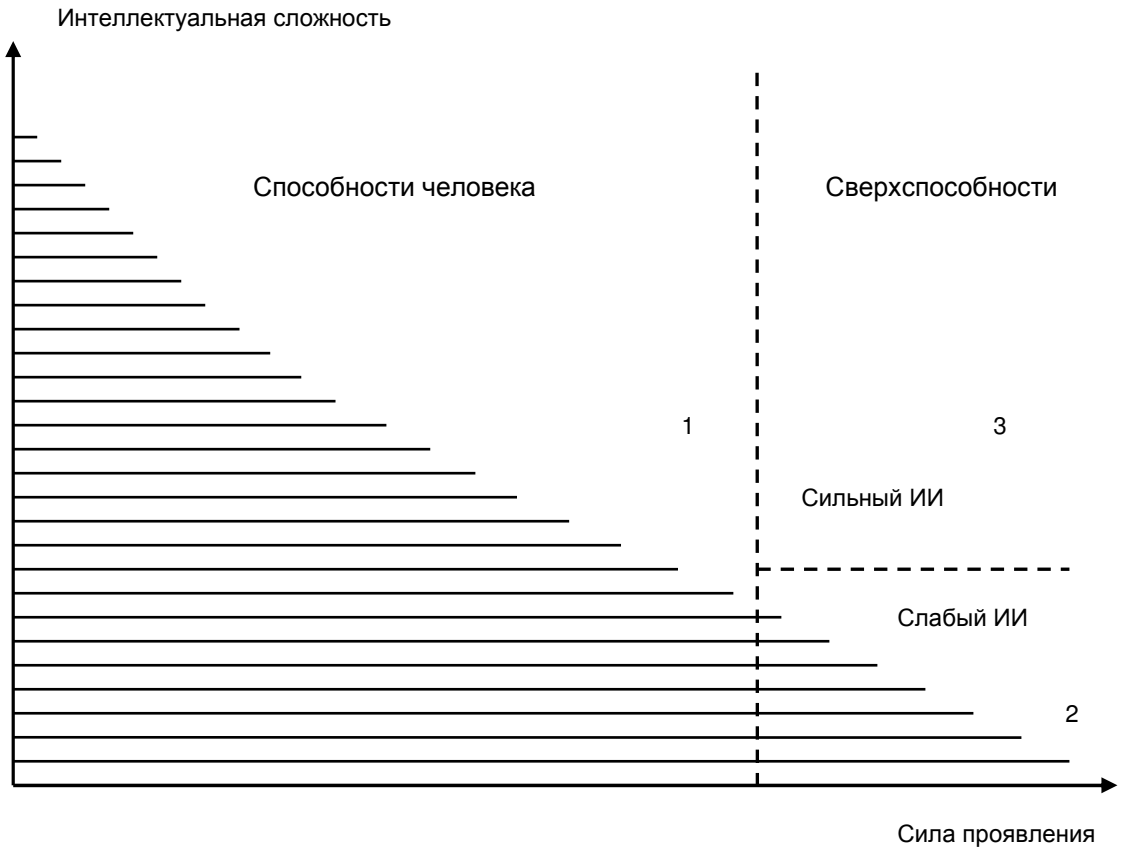


Рис. 1 Взаимосвязь интеллектуальной сложности свойств интеллекта и силы их проявления в текущий момент времени.

Вертикальной пунктирной линией отделены область способностей человека от области способностей, а точнее сверхспособностей, которых может в данный момент времени достигать искусственный интеллект (ИИ). Горизонтальной пунктирной линией, в области искусственного интеллекта, разделены зоны сильного и слабого искусственного интеллекта. Фактически на рис.1 представлены три совершенно разные зоны, обозначенные цифрами 1, 2 и 3.

В зоне 1 представлен широкий спектр способностей, которыми наделен интеллект человека. В реальной действительности мы знаем многие свойства человеческого интеллекта, но не знаем и вряд ли когда-то узнаем их полный состав. ***Всегда есть возможность, что люди выявят в себе какие-то еще способности или свойства, о которых раньше не думали.***

Среди исследователей ИИ до сих пор не существует какой-либо доминирующей точки зрения на критерии интеллектуальности, систематизацию решаемых целей и задач, нет даже строгого определения этой

науки, поскольку существуют разные точки зрения на вопрос, что считать интеллектом.

Интеллект как способность обычно реализуется при помощи других способностей. Таких как: способности познавать, обучаться, мыслить логически, систематизировать информацию путем ее анализа, определять ее применимость (классифицировать), находить в ней связи, закономерности и отличия, ассоциировать ее с подобной и т. д. И здесь ***существует одно принципиальное условие - о наличии интеллекта можно говорить при совокупности всех этих способностей, в отдельности каждая из них не формирует интеллект***. При этом интеллектом может обладать система, составляющие элементы которой каждый в отдельности интеллектом не обладают.

Существенное качество ума индивида - предвидение возможных последствий предпринимаемых им действий, способность предупреждать и избегать ненужных конфликтов. В этом плане ***одной из основных особенностей развитого интеллекта является способность к интуитивному решению сложных проблем***.

Наиболее горячие споры в философии искусственного интеллекта вызывает вопрос возможности мышления творения человеческих рук. Известный вопрос «Может ли машина, мыслить?», который подтолкнул исследователей к созданию науки о моделировании человеческого разума, был поставлен Аланом Тьюрингом в 1950 году [2]. ***Две основных точки зрения на этот вопрос носят названия гипотез сильного и слабого искусственного интеллекта***.

Термин «сильный искусственный интеллект» ввел Джон Серль, его же словами подход и характеризуется: более того, такая программа будет не просто моделью разума; она в буквальном смысле слова сама и будет разумом, в том же смысле, в котором человеческий разум - это разум [3].

При этом нужно понять, возможен ли «чистый искусственный» разум («метаразум»), понимающий и решающий реальные проблемы и, вместе с тем, лишенный эмоций, характерных для человека и необходимых для его индивидуального выживания.

Напротив, сторонники слабого ИИ предпочитают рассматривать программы лишь как инструмент, позволяющий решать те или иные задачи, которые не требуют полного спектра человеческих познавательных способностей.

Как можно видеть из данного сопоставления человеческого интеллекта и искусственного, между ними имеются существенные качественные различия. Ведь систем с сильным ИИ пока еще нет, а ***системы слабого ИИ могут очень существенно уступать человеку в***

возможности решать сложные интеллектуальные задачи. Именно такими системами и наполнены системы управления современными Boeing 737 Max.

В зоне 2 показаны сверхспособности, относимые к слабому искусственному интеллекту. Здесь, так же как, и в зоне 1, соблюдается зависимость - чем выше интеллектуальная сложность какого-то проявления искусственного интеллекта, тем менее выражена сила его проявления.

В зоне 3 для сверхспособностей сильного искусственного интеллекта ничего не представлено, поскольку в мире нет пока качественных разработок сильного искусственного интеллекта. По-видимому, это у человечества где-то еще впереди. Когда появятся такие системы ИИ, точно сказать никто не может. Называются разные сроки, от 10 до 100 лет, ***но, по мнению автора, более вероятно, что от 50-ти лет и более***. Но когда-то такие системы искусственного сверхинтеллекта, вероятно, появятся, и никто сейчас не может точно сказать, что тогда будет на Земле.

Имеется очень большое количество задач, качественное решение которых возможно с помощью человеческого интеллекта, в зоне 1. Немалое количество очень сложных для решения человеком задач или вообще находящихся за гранью человеческих возможностей, попадает в зону 3, т.е. в зону сильного искусственного интеллекта, без привлечения которого они не могут быть качественно решены.[1]

Нужно себе четко представлять, что задачи в зоне 3 объективно существуют. Более того при усложнении условий некоторые задачи из области 1 могут перемещаться в область 3 и не могут качественно решаться только человеком, без привлечения систем сильного ИИ, которых пока ещё нет.

Известно, что в сфере управления самолетом наиболее сложными считаются задачи, связанные с взлетом самолета и его посадкой. Причем, например, ***при резком усложнении метеоусловий или авариях на борту, некоторые из этих задач, находящихся в зоне 1, настолько усложняются, что перемещаются в зону 3, требуя привлечения для своего решения систем сильного искусственного интеллекта, которые ещё не созданы***. Поэтому на практике эти задачи либо не решаются вообще, либо решаются человеком с большим риском, как задачи зоны 1, хотя на самом деле таковыми не являются.

Таким образом, можно полагать, что в нашей реальной жизни существует множество задач, связанных с управлением системами, которые мы не можем пока качественно решать, либо ввиду недостаточных

[1] При управлении самолетом можно выявить немало очень сложных и даже невероятных задач, но это вовсе не значит, что на практике они должны решаться. Прим. автора.

возможностей человеческого интеллекта, либо в связи с отсутствием возможности передать такое решение системе сильного ИИ. Поэтому, ***если такая задача передается для решения системе слабого ИИ, то она ею адекватно не решается и может возникнуть катастрофическая ситуация, как в случае применения системы слабого ИИ для решения сложной задачи, связанной с управлением самолетом***. Ибо происходит существенное превышение предела возможностей системы со слабым ИИ.

3. Теперь вернемся в кабину самолета

Современные лайнеры оснащены большим количеством систем ИИ, помогающим пилотам управлять самолетом. Есть даже автопилоты, управляющие лайнером без участия человека. В крупнейших аэропортах мира современные лайнеры уже сейчас можно сажать по лазерному лучу. Но есть одно важное условие – системы автоматики управляют самолетом только при наличии явно благоприятных условий, когда нет каких-либо внешних угроз. И системы управления со слабым ИИ с этим вполне справляются.

Если при наличии сложных условий в системе управления самолетом используется система со слабым ИИ, то она не может обеспечить качественное решение задачи и могут наблюдаться нарушения в системе управления, в частности, закрылки вместо обеспечения подъема лайнера переходят в другое положение и направляют его к земле. Например, это может происходить, когда падает скорость самолета и уменьшается подъемная сила. Датчики угла атаки могут давать сигнал, что у самолета очень большой угол атаки, автоматика начинает переводить стабилизатор в режим пикирования. Автоматическая система направляет самолет вниз, в крутое пикирование для быстрого набора необходимой скорости. При этом ввиду рассогласования автоматических устройств система управления может «не понимать», что для набора скорости в пикировании нет достаточной высоты полета. При этом показания приборов могут дезориентировать пилотов. Что происходит дальше – известно. В частности, в Эфиопии самолет, быстро теряя скорость и высоту, вошел в землю под углом 70-80 градусов.

Таким образом, ***причиной катастрофы становится существенное усложнение задач, которые должна решать автоматическая система управления и произошедшее существенное превышение предела возможностей системы со слабым искусственным интеллектом.***

Возможно, поэтому вопрос о том, что самолеты могут эксплуатироваться в беспилотном режиме, сегодня даже не ставится. И наверняка не будет практически решаться, по крайней мере, в XXI веке.

4. Кто виноват в катастрофе?

Пройдет время, и виновник катастрофы будет назван. Возможно, им окажется компания Boeing, оснастившая свою модель 737 Max системой ИИ, не позволяющей качественно решать задачи по управлению самолетом в сложных условиях. Возможно, виновником будет названа техническая служба аэропорта, не обеспечившая качественное обслуживание самолета. Возможно, виновником будет назван человеческий фактор, т.е. техническая служба и сами пилоты, не справившиеся с управлением. На кого укажет комиссия, это сейчас, весной 2019 г., сказать трудно. Но кое что, с определенной долей вероятности, все-таки сказать можно.

Во-первых, нужно упростить управление Boeing 737 Max, существенно упростив эту задачу для человеческого интеллекта. Для этого нужно добиться того, чтобы все автоматические системы самолета работали между собой согласованно и не противоречили друг другу. Если какие-то автоматические системы не удастся надежно согласовать между собой, значит надо что-то выводить из автоматического режима и передавать, а точнее возвращать человеку.

Во-вторых, чтобы подобные катастрофы не повторялись впредь, при разработке авиационной техники следует не допускать превышения предела возможностей устанавливаемых систем со слабым искусственным интеллектом. Риск недовложения интеллекта в систему управления должен быть минимальным, а лучше – исключен совсем. ***Именно это и является самым трудным***, поэтому необходимо соблюдать еще одно требование.

В-третьих, все постановки задач для создания автоматических и автоматизированных систем управления сложной техникой, обязательно должны подвергаться независимой экспертизе специалистами, в том числе и на предмет их соответствия реально существующим условиям, включая и экстремальные. Это должно делаться до передачи этих постановок программистам.

5. ИИ и человеческий фактор в управлении самолетом

Нужно прямо признать, что этот фактор имеет для обеспечения безопасности полетов решающее значение.

Ошибки или неправильные действия пилотов являются основной причиной большинства авиакатастроф. Следует отметить, что с увеличением автоматизации управления лайнерами и расширением сфер использования систем с ИИ, возникает ряд повторяющихся ошибок и нарушений. Особенно это относится к взаимодействию пилотов с ИИ. Отметим некоторые из них.

1. Пилоты лайнеров не всегда получают качественное обучение по использованию ИИ. В результате у некоторых возникает внутренняя боязнь систем ИИ.

2. Пилоты лайнеров не всегда умеют правильно пользоваться средствами автоматизации управления, в частности, вводить в системы управления нужную информацию или корректировать ее, быстро отключать автоматику, переводя управление в ручной режим.

3. В большинстве случаев у пилотов отсутствуют качественные инструкции по управлению приборами, написанные на русском языке.

4. Пилоты должны периодически проходить обучение на тренажере, в том числе и с разбором выходов из критических ситуаций.

5. Необходимо усилить контроль над авиакомпаниями, в части соблюдения режима труда и отдыха пилотов. Здесь приходится учитывать, что авиаотрасль относится к числу малодоходных, поэтому компании пытаются экономить на всем, в том числе и на отдыхе и подготовке пилотов.

Можно ли считать случайностью, что пилоты Boeing 737 Max 8, разбившегося в Эфиопии, которые накануне пилотировали этот самолет не сообщили об отказе в системе управления? Ведь они обязаны были об этом сообщить сразу же после прилета в аэропорт. Есть основания полагать, что это не случайность, а сознательное стремление не информировать о происходящих неполадках авиационное начальство. Причина может объясняться просто – летчики не хотят ставить под сомнение свою компетентность в управлении лайнером, что они не справляются нормально с какими-то приборами. Вероятно, что такие сбои пилоты склонны относить на свой счет, считая, что они что-то не так настроили или что-то не учли.

Если это так, то возможно сокрытие отказов и сбоев автоматических систем управления в авиации носит не единичный характер.

Естественно, что работа современных авиакомпаний полностью вписывается в рамки западной концепции построения и организации пассажирских перевозок. Поэтому экономить компании стремятся на всем. Но проще всего экономить на персонале компании, на его подборе, обучении и содержании. В этом плане растущая автоматизация управления рассматривается как средство упростить труд пилотов, сделав его менее квалифицированным, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Но что-то идет не так, и вместо небольшой прибыли авиакомпании несут большие убытки. ***Новейшие автоматические системы для управления самолетом усложняют работу пилотов, при этом они не превосходят интеллект людей-летчиков, готовых при необходимости стабилизировать самолет с помощью обычного стакана во-***

ды, ведь к уровню в стакане прикладывается человеческий интеллект, которого у автоматов нет.[1]

Заключение

Сейчас все чаще стало высказываться мнение, что обычных профессиональных пилотов, на самолетах, напичканных автоматикой, нужно заменять высококвалифицированными специалистами в области использования искусственного интеллекта. На это хорошо ответил в середине марта Дональд Трамп в своем Twitter – «Я не хочу, чтобы моим пилотом был Альберт Эйнштейн. Я просто хочу отличного профессионала, который может легко и быстро управлять самолетом» [4]. Пожалуй, это очень верно сказано.

Управление автоматическими системами со слабым ИИ требует отвлечения на них человеческого интеллекта. И, когда таких систем становится слишком много или они достаточно сложны в управлении, то возникает проблема – ошибки человека.

Независимо от того, какие причины и виновники катастроф будут названы, можно полагать, что ***значительные инвестиции в разработку ИИ автоматических систем управления транспортными средствами малоперспективны и вряд ли в обозримом будущем окупятся***. Сдерживающее влияние на развитие автоматических систем будет оказывать недостаточное интеллектуальное развитие систем со слабым ИИ. Для обеспечения развития систем с сильным искусственным интеллектом пока еще не решены многие научные задачи из нескольких областей знаний.[2]

Список литературы

1. Москвин В.А. Опасности и риски искусственного интеллекта (анализ и практические рекомендации): монография – М.: КУРС, 2018. – С. 21-23.
2. Turing Alan (October 1950), "Computing Machinery and Intelligence", Mind T. LIX (236): 433 - 460.
3. Джон Серль Разум мозга – компьютерная программа? https://psychosearch.ru/teoriya/psikhika/338-searle-john-razum-mozga-kompyuternaya-programma.
4. Twitter.

[1] Ориентация по уровню в стакане воды, например, происходила 07.09.2010 г., когда обесточенный самолет ТУ-154 с неработающими двигателями, совершил аварийную посадку на заброшенный маленький аэродром в поселке Ижма, Республики Коми.

[2] Ряд задач приведен в работе [1] – С. 30-79.

УДК 303.732

***Reinhold Wessely*,**
Dr. Sc., Professor

MANAGEMENT OF THE NON-RENEWABLE RESOURCE LAND FOR ITS PROTECTION SOLUTIONS THROUGH SYSTEM ANALYSIS

Donau-University, Krems. Vienna, Austria.
Universitet Drushbi Narodov (Lecturer), Moscow. Russia.
wessely@live.com

Abstfact. The article discusses the use of system analysis to make protective decisions when managing non-renewable land resources. This is the principle of "sustainability".

Keywords: make protective decisions, management, non-renewable land resources, protection solutions, sustainability system analysis/.

Introduction. The problem

"Land" as a non-renewable resource requires protection against abuse and wrong use as it is the basis for our livelihood and, thus needs protection to preserve the planet earth for future generations. This is the principle of "sustainability".

"Sustainability" is an internationally widely accepted principle for the future of mankind. Sustainable development is the organizing principle for meeting human development goals while at the same time sustaining the ability of natural systems to provide the natural resources and ecosystem services upon which the economy and society depend. In pursuing this guiding principle, land as a non-renewable resource takes a center position for all considerations, planning and management systems to achieve this goal.

"Sustainability" in this context also means "eternal life" of the system for the benefit of mankind, but has also to prove its viability and its stability over a long period of time.

The demands on the use of land are manifold including outside influences like climate change and non-manageable factors like an increasing world population. Therefore, the management of this non-renewable resource land has to concentrate on the manageable factors to preserve land as the home of mankind and to balance it with the ever increasing needs for food, housing, infrastructure.

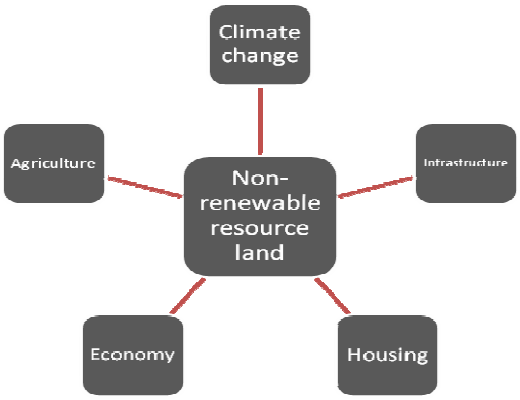


Fig. 1

The situation creates a multitude of conflicts as infrastructure, economy and business, agriculture and housing have an ever increasing demand for land use. It is evident that

- a human right for shelter (housing),
- the creation of food supply,
- the building of infrastructure to serve the economy and the living conditions of people,
- the preservation of nature and natural resources for the benefit of future generations.

All require the use and dedication of (the non-renewable resource) land.

Thus, more and more land will be "lost" or "sealed" in this process, as indicated by the graph below.

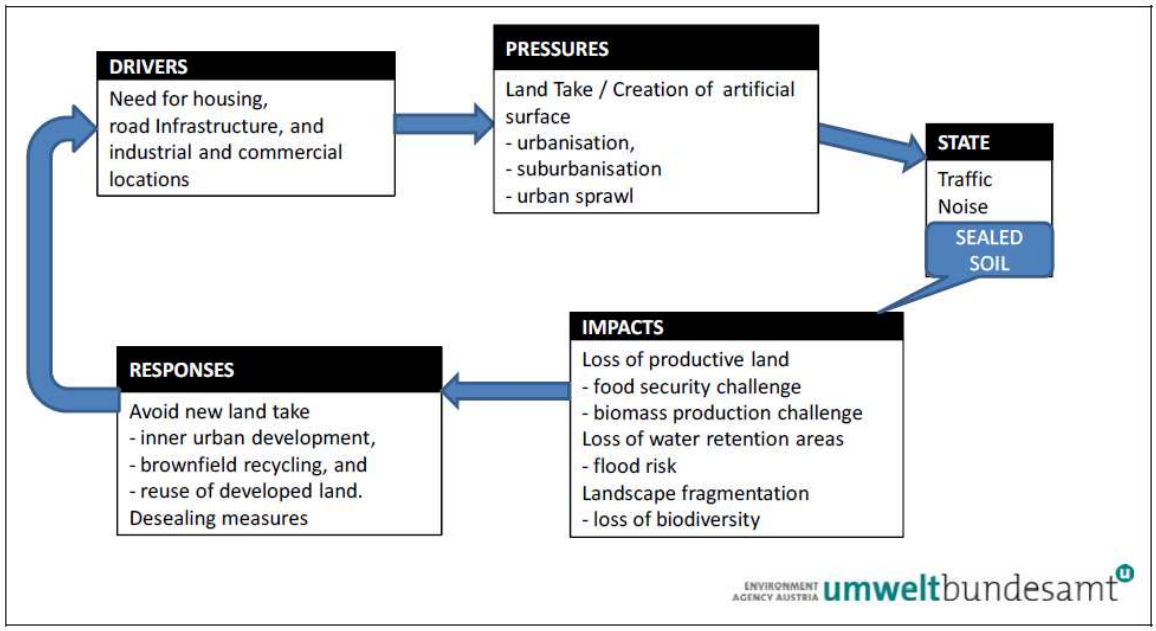


Fig. 2

On the political level, the problem had been recognized by states, by the EU as well by international organization, but – due to the complexity of the

problem – only few measures have been taken to reverse the overall trend. A EU Directive on Soil Protection has failed to obtain consent of all Member States in 2007. A positive example is the Swiss attempt to restrict the continuing soil taking by issuing an array of restrictions and retaking the land in favor of the public.

This makes it necessary to manage the use of land in a responsible and considerate way. Although the management itself has to be executed by a defined organization, all people have to make contributions to the formulation of this task. The international community has envisioned this – at least in a segment of the problem – when it entered into the "Aarhus Convention", [1] which, in essence, demands the participation of the population for major (infrastructural) projects which would use areas for realization.

The great economist, and Nobel Prize Winner, Joseph E. Stiglitz [2], has formulated the need for management of our natural resources as follows: "The only sensible and workable remedy is some form of global public management of global public resources, some set of global regulations on usage and actions giving rise to global externalities…Democratic political processes have recognized the need for collective action."

1. System Analysis – the tool for a comprehensive approach to the issue

The management of the protection of the non-renewable resource land is a complex system. Complex systems usually are called non-transparent and/or non-understandable which is rooted in the lack or incompleteness of information or the in the process how information is provided. Complexity, thus, needs transparency, order and management.

The task to manage the process of allocating land to the various justified needs and to balance this needs with the protection of land for the use by future generations, requires the application of a tool which has to (1) collect a wide array of relevant information and data from various sources, (2) process these data in order to arrive at solutions and (3) to critically questioning the results in a permanent feedback process. The proven structure and methodology of System Analysis serves in this process as a viable tool.

For research and analysis of complex systems System Analysis also is an adequate tool as the high networking abilities enable a thorough analysis and the evaluation of potential effectiveness of proposed solutions with different scenarios.

---

[1] The UNECE Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters was sign in June 1998 in Aarhus, Denmark, and, finally signed by 46 states and the EU.

[2] Joseph E. Stiglitz (1943 -), US economist, 1997-2000 Chief Economist of World Bank. Nobel Price Winner.

In its origins System Analysis as a scientific tool historically goes back to the science of "cybernetics"[1] which describes a circular relationship of action – process – results – feedback – change – new action and so on, as shown in the graph below.

Feedback

Fig. 3

2. Description of the process – the feedback issue

The organized approach to an analysis of the system is structured along the phases which are determined by the following questions:

- What is the problem? It has to be defined exactly.
- What are the requirements for the (new) system? What are the expectations and the desired outcome?
- What has the new system to do in order to meet the expected results?
- What are the final solutions to achieve the goals?

International organizations have addressed the issue of planning, use and preservation of land in various ways with respect to sustainable development, thus balancing needs with preservation of land, also emphasizing the cooperation and inclusion of the public. Examples are:

- The Aarhus Convention,
- The European Union Soil Directive (unfortunately it never came into force),
- Various UN documents.

3. Analysis of the problem

In most countries a wealth of data relevant for planning, using and protecting land are available. Also, many government agencies and institutions are dealing with particular issues concerning land. Political declarations seem to express the will to pursue the goal of land protection. The reality, though, looks much different. An Austrian author calls the protection and preservation of land as an "issue without competence". The preservation and protection of the non-renewable resource land in most countries has no unified comprehensive legislation, has no central government agency with a management function responsible for spatial planning and related activities. Thus, there is no basis for effective management as long this central agency does not have

[1] Cybernetics describes a transdisciplinary approach for regulatory systems in a circular causal relationship, analyzing design, function and processes. One of the first protagonists was Norbert Wiener (1894-1964). Also Soviet (Russian) scientists were active in this field.

command over all relevant data and does not have the power to use these data in order execute its power for balancing justified needs and the protection of land. Management needs power – ownership of information and data is power which has to be used in a responsible way.

The methodology to recognize and to solve a problem can be depicted in the graph below

Problem Analysis and decision making process

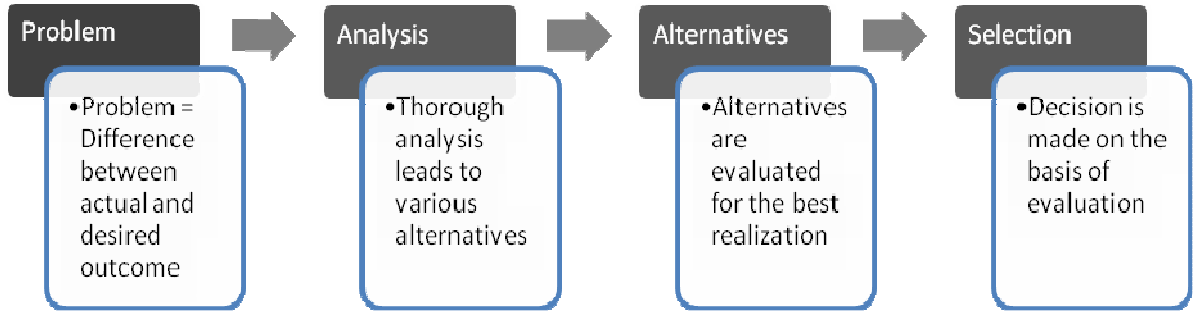


Fig. 3

4. Application (Management by) of System Analysis to solve the problem of protection of the non-renewable resource "Land" – Phases

Introducing System Analysis as a tool to design the management for the protection of the non-renewable resource land, we have to organize the process in three phases shown below.

Table 1

Phases	**Application of System Analysis Tool**	**Remarks**
Collection of information and formulation of problem	Information>Processing>Results>Feedback Revolving Cycle	Institutions and Public Involvement
Development of a Management System	Management System is formulated based on the outcome of the analysis process	Realization by Goals, Strategies, Action Plan
Establishment of the Management System	Further analyses to be performed to make the Management System viable	Revolving Feedback Process

Establishment of the Management System for the Protection of Land – Design and Solutions

Central spatial (land) planning agency – the Managing institution

In order to create a powerful state institution with strategic management functions, it is strongly recommended to follow the well accepted principles

of management sciences, as opposed to the usual "administration" by governments.

"Management" has been well defined in the private sector since the 1930s. Peter Drucker [1] described the functions of management as

- planning (goals, strategies, decision making),
- realization of planning by organization, communication, motivation of employees,
- monitoring and control based on feedback processes which might induce a new phase of planning and decision making.

In this description one can find similarities with basic cybernetics and the process of System Analysis. Drucker's views and teachings widely have been accepted and admired, including in Russia, where Aleksei Gvishiani [2] expressed his consent to many of Drucker's views.

A new generation of managerial science, led by the Austrian Fredmund Malik [3], who admired and cooperated with Peter Drucker, developed these views further. In his books he referenced his views on management always with cybernetics and system analysis methods.

Governments are administrators, executing a set of given policies and regulations, but are not acting pro-active to follow an established goal. The seriousness of the problem of the protection of the non-renewable resource land, however, makes it indispensable to create a managing institution with powers beyond the normal administrative functions.

Frank Thiel [4] calls "Land Policy as a comprehensive land development guideline (in Germany) can be interpreted as a property-steering application of spatial planning. It includes all aspects of land-related actions of the public sector and the private owners". The existing forms of social land policy, public and private land ownership, spatial land use planning needs a comprehensive framework of arrangements, legislation and institutional set-up for land use, land protection and land development.

---

[1] Peter Ferdinand Drucker (November 19, 1909 – November 11, 2005) was an Austrian-born American management consultant, educator, and author, whose writings contributed to the philosophical and practical foundations of the modern business corporation. He was also a leader in the development of management education, he invented the concept known as management by objectives and self-control, and he has been described as "the founder of modern management".

[2] Aleksei Gvishiani (1948 -), Russian scientist with a wide array of scientific interests and research; member of the Russian Academy of Science.

[3] Fredmund Malik (1944-), Austrian economist, professor at St.Gallen University, Switzerland.

[4] Frank Thiel in: Property, Planning and the „Homo Cooperativus" – Land as a Natural Resource Affected with a Strong Public Interest".

Proactive management of an institution designed for the protection of the non-renewable resource land shall include:

- Setting of Policies, formulating Plans and Strategies,
- Data collection and supply,
- Development of a data information system interactively accessible (feedback),
- Data Management,
- Monitoring and Control and establishing corrections based on Feed-back,
- Development of relevant Technology,
- Encouraging and Ensuring Public involvement.

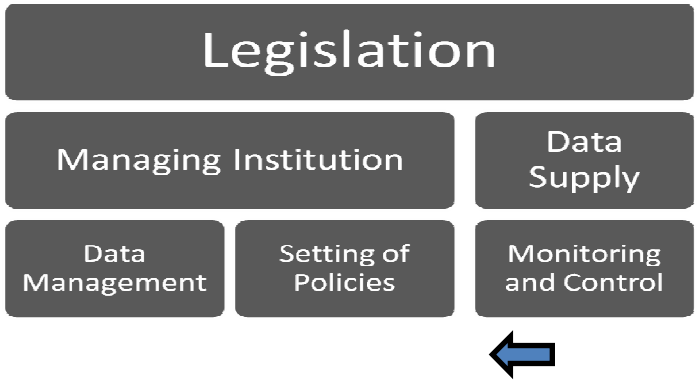
A few examples of relevant data to be collected, analyzed and processed in sub-systems are indicated below.

Table 1

Subsystem	**Data (few examples only)**
Agriculture	Areas, crops, change of zoning, use of pestizides and herbizides.
Housing	Use (and change use) of land, building permits.
Infrastructure	Major projects have to be subjected to environmental compatibil-ity.
Economy	Economic development, meta data, regional development, traffic and transportation.
Nature and natural resources	Water, air and soil use and quality, dedication of protected areas.

An excellent example of an interactive data collection and information system – which allows for public participation - in a related field is the envi-ronmental monitoring system in the Kaluga Oblast in Russia.

Model of a land management institution (LMI) can be structured as fol-lows.



Fig/ 4

This model of an institution responsible for the management and protection of the non-renewable resource Land should function as follows:

The logics of the system

- The legislation (of the country) creates the legal basis for the responsibilities of the Land Management Institution (LMI) giving the LMI a far reaching authority as to (1) setting of policies within the legal framework, (2) data collection and management as basis for its acting, (3) monitoring and control of all areas related to land use and land protection, (4) confiscation of land and return it to a protected status, if necessary.
- The main responsibility of the LMI is the protection of the non-renewable resource land which includes the above mentioned management functions.
- Government agencies of various levels have to deliver all data relevant to land, such as condition, use, damage, etc.
- Management of the LMI has three essential functions: setting policies and goals, collecting, administering and process comprehensive data dealing land and its use, monitoring and control of the condition and use of land which in turn sets a feedback process in motion to act by the LMI.

Concluding remarks

Due to the limited space, this essay only can sketch the process for a necessary approach to solve the problem of an ever increasing use of the natural resource of land which is the basis for living of mankind. The necessity to develop such a system, however, is obvious. Further discussions on this issue should be encouraged.

References

1. Peter **Drucker**; Practice of Management. Harper & Row, New York 1954.

2. Roland **Gareis**; Handbook of Management by Projects. Manz, Vienna 1990. ISBN: 3-214-082 43-4.

3. Bennet P. **Lientz** and Kathryn P. **Rea**; Project Management for the 21st Century. Academic Press, San Diego 1998.

4. Fredmund **Malik**; Strategie des Managements komplexer Systeme (Management Strategy of Compplex Systems). Haupt, Bern 2003.

5. Fredmund **Malik**; Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation (Systemic Management, Evolution, Self-Organization). Haupt, Bern, 2004.

6. Gundula **Prokop**, Heide **Jobstmann**, Arnulf **Schönbauer** of Environmental Agency of Austria; Overview of Best Practices for Limiting Soil Sealing or Mitigating ist Effects in EU-27 – Final Report (Study) contracted by EU Commission. Vienna, 2011.

7. Joseph E. **Stiglitz**; Making Globalization Work. W.W.Norton & Co., New York 2007. ISBN-10: 0-393-06122-1.

8. Fabian **Thiel**; Property, Planning, and the „Homo Cooperativus“ – Land as a natural resource with a strong public interest. In Working Paper 7 of Zentrum für Bodenschutz und Flächenhaushaltspolitik. Birkenfeld (Germany), 2010.

9. Frederic **Vester**; Unsere Welt – ein vernetztes System (Our World – a Cross-linked System). Ernst Klett, Stuttgart 1978.

УДК 303

Janne Hurme[1],
Student,
Ignat Kulkov[2],
PhD student

MOBILITY AS A SERVICE: BUSINESS MODEL ANALYSIS OF THE KYYTI COMPANY

[1] Lappeenranta University of Technology, Finland, Janne.Hurme@student.lut.fi
[2]Åbo Akademi University, Finland, Ignat.kulkov@abo.fi

Abstract. The article describes Mobility as a Service as a new way of providing transport services. An analysis of the company's business model based on design method and design themes is chosen as a research method and later compared with the Business Model Canvas. As a result of the study, the key parameters were identified that differ the focal company from another types of transportation. Moreover, the influence of the new technology on the business ecosystem was analyzed.

***Keywords*:** Mobility as a Service, business model, business ecosystem

1. Introduction

Kyyti is a young new company (founded in 2016 and based in Helsinki, Finland) which claims to be world´s first Mobility as a Service (MaaS) solution with on-demand capabilities. Kyyti is collecting all the possible people transportation methods (bus, taxi, train, tram, ferry) from point A to B under one easy and user-friendly mobile application. One benefit of the application is that users does not need to know local bus or tram routes as well as the local taxi company number for booking the next available ride. All possible methods and combinations of them are shown visually in the application, which also gives you an estimate of the total cost of the trip before you book it. In the future, it is also possible to rent on-demand city rental cars or bike and ferry tickets through the app. User just need to know where they want to go. GPS location is used to point out the nearest pickup point. At the moment, all transportation method combinations are not yet available. Therefore, from now on I will analyze Kyyti in taxi service point of view.

What makes the application even more interesting is that you can share the travelling cost with other people who are willing to travel about the same route. You just have to travel with a bit more flexible schedule and you can save a lot of money that way. Sophisticated algorithm is used to calculate economic travel routes for the drivers where maximum number of clients are picked up and taken into various locations. Costs are charged automatically from the credit card of the user has set into application. Transaction is safe for both the driver and customer when cash is not used for payment. More infor-

mation about the company and its fresh business model can be found from its website: www.kyyti.com.

2. Osterwalder's business model canvas

Business model canvas (BMC) is a visual and simple tool for building and analyzing the business model. It is a spreadsheet divided into nine different section, which are showing the relationships between different stakeholders in the business. Who you work with, what you offer, and to whom you offer. The earning logic and cost structure of the company is briefly described.

Kyyti's business model canvas is shown in the **Figure 1**. Kyyti's value proposition is based on cheap rides, which could be booked easily through the mobile application. Shared rides are also social way of travelling – one can meet interesting new people while seating in the taxi. Although this might not be wanted for all customers. For that purposes customers can also book private normal taxi through the application.

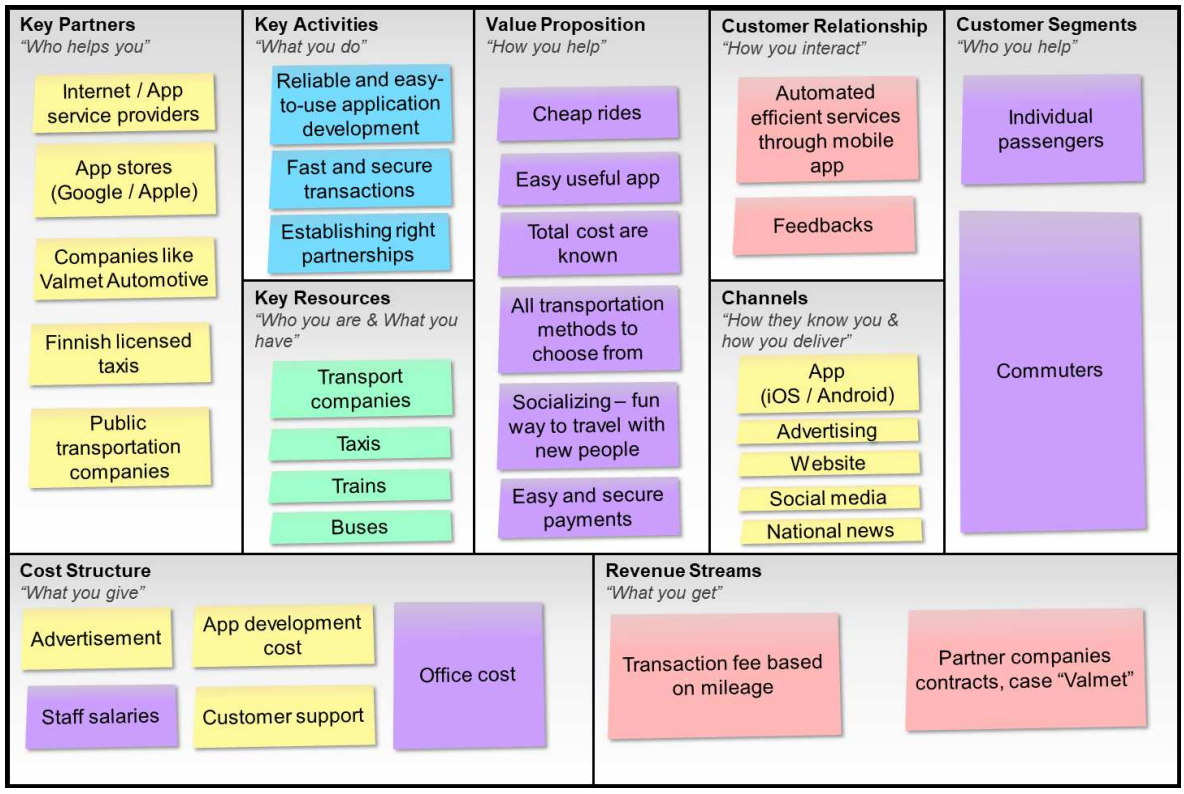


Figure 1. Osterwalder's business model canvas for the Kyyti Company

Kyyti is providing its services to individual passengers, but it is also a new way for mass transportation people for daily commute to work. For example, Valmet automotive has taken it in use and are providing cheaper daily routes for their employees between Turku city center and Uusikaupunki car factory.

Kyyti needs a support of various key partners who are proving the infrastructure as a basement for the application. This included internet providers, app stores, and the most important ingredient in the business – big transportation companies and private taxi entrepreneurs.

3. Amit's and Zott's activity system perspective

The business model of Kyyti is next put in the focus of activity system perspective. In this analysis method, the company business model is divided into two main segments: design elements and design themes. Both contains several sub categories, which we will go through next. These parameters will describe the business architecture and the ways of creating value for the stakeholders (Zott and Amit, 2010).

Activity system content, first of the elements, describes the activities the company should perform. In case Kyyti, the key point is to provide rides to the customer. To be efficient in this Kyyti must establish lot of partnerships with third party companies who is taking care of the actual transportation. Kyyti is just a platform linking customers in attractive way to service providers. Kyyti must also make sure the transactions are secured and reliability is achieved regardless of the cellular reception and time of the day.

Activity system structure is explaining the dependencies and the sequence between the activities. As long as people have been travelling there has been others making it to happen. Therefore, in this case Kyyti is relaying to other companies and entrepreneurs. The business may start when transportation companies sign contracts with Kyyti. Moreover, the companies should be trained to use the service platform. After that, Kyyti will act as a linker and make sure that customers are made available for the drivers to be picked up. Drivers takes the responsibility to pick up customers and deliver them to destination within the promised time window accuracy, typically 5-10 minutes for private bookings and 20-30 minutes for shared rides. Payment are transferred through the application, which links Kyyti to banking companies and to transportation companies receiving the payment. Kyyti will take some percentage of fee for this service, which is one of the income strategies of its business model.

Activity system governance explains who is performing the needed activities. This has been written already in terms of service providers, transportation companies, and the Kyyti Company. We consider that the majority of the value that is provided to the customers is taken care of other companies than Kyyti. Kyyti has outsourced the hard work to third companies while it is focusing itself to maintain the customer and service provider network, application development, customer support, and advertisement.

Activity system design themes are configurations of design elements. These are orchestrating and connecting elements in activity system (Zott and

Amit, 2010). First design theme, novelty, is the innovative way of using all design elements. Kyyti is changing the traditional way of booking the taxi (by ordering the taxi from service center) much easier with the mobile application. Customers can see estimated arrival time and cost for the trip. When a taxi has been booked the customer may also track where the cars is located with the help of GPS. These digitalized new functions are more than welcome to boost up the user experience that people are getting for driving the taxies. CEO of Kyyti, Pekka Möttönen, is giving thanks to Finnish Government who recently dared to change law regulating taxi companies. Without this reform, new innovated companies, like Kyyti, could not do business here (P. Möttönen 2017, Kyyti website).

The next design theme, Lock-In, is all about how the business model can retain the stakeholders like customers using Kyyti services. There are not so many features for the customer that could lock-in to use the software. However, cheaper travel cost attracts new customers to start using the application but the customers can switch to use other application any time. Kyyti is not based on any monthly subscription. From the own experience of authors, during the first attempt to use an app to travel to Hartwall Arena in Helsinki, all cars were occupied. Authors could change and drive with Uber instead. The ease of ordering the ride in unknown neighborhood (and combination of different mode of transportation in the future) is likely to be such nice features that will make users to continue use the application.

For the drivers operating on this application platform is more interesting. If we consider a trip where a single customer wants to travel from Helsinki city center to Helsinki-Vantaa airport. We offer a screenshot of this kind of a trip from the application and it can be seen in Figure 2.

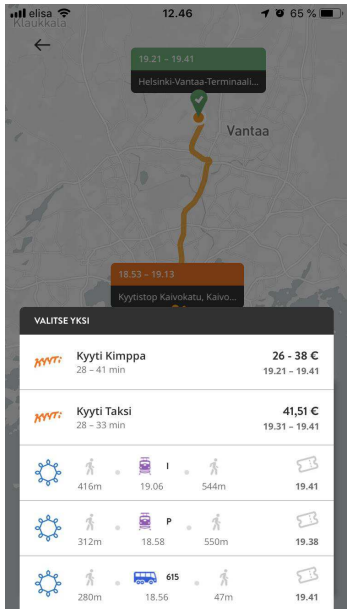


Figure 2. Kyyti trip options to Helsinki-Vantaa airport

The traditional taxi service, Kyyti Taksi, will cost 41,51€ for the customer. Let us assume that from this received payment the driver pays 5% fee of usage for Kyyti, 5€ for gasoline, 15€ for insurances and salaries. The driver made profit of 19,4€ from this single passenger.

The better option for the customer is Kyyti Kimppa where two more persons want to travel to the airport. Driver will pick them up and will charge now only 26€ per passenger. Customer will reduce costs for the same route up to 40%. Three passenger each pay 26€, which makes total revenue of 78€. Driver will have a longer route and fuel cost increased now to 10€. Still after same fee, insurance and salary the driver will make profit of 49,1€, which is 153% more compared to single customer. Increased utilization rate and profit will probably lock the taxi drivers to use this service. This is also environmentally better as more customers are transported for the same CO2 emissions.

The third design theme, complementarities, means activities, which are tied together, and provide more value than separately running activities. A good example of this feature is the all-optional transportation methods, which will be included in the Kyyti application. The future application can combine several different methods under one single ticket. Customers does not have to pay for each bus, train, and taxi separately. Instead one and only credit card payment is done through the application.

Last of design themes, Efficiency activity, is overall on high level in Kyyti application. Everything you need to travel to A and B are integrated inside the application. Booking of the ride is made by the customer, so there is no need for receptionist to answer the calls. Payments are done automatically from the credit card, no need play with cash. The customer's feedback could be given through the app. One thing that could make the application even better is the possibility to use it also with a PC. At the moment, application only work with mobile devices. The possibility to book trips in advance with a PC could add more value and lock-in the customer. If a ticket is bought beforehand, it is available automatically in a customer's mobile phone and just be demonstrated to the drivers.

4. Model comparison

Business model canvas describes how a Kyyti Company creates, delivers, and captures value. It is a useful tool to analyze the business model of the company in big picture. Many new companies have failed to succeed when they put all the effort in the idea of the product without analyzing where the value and profit is finally taken and in which kind of environment they are going to act. Amit's And Zott's Activity System Perspective is focused more to analyze how the business model varies or has changed the traditional business model where the focal company acts. Before it can be applied properly, it is crucial to construct the business model canvas. It will clarify the key activities where the activity system analyzation should be focused. As a result of both analysis methods the following things are the key topics how Kyyti stands out compared to traditional taxi industry:

- Everything from booking to payment is done within the application
- The customer can choose from several different modes of transport
- Travel expenses can be divided between multiple passengers
- The total costs are known in advance
- Drivers can earn more by using the application

Business model sustainability can be evaluated using for example the flourishing business model canvas. It is an expanded business model canvas, which also considers the environmental aspect. Model contains all the same nine building block that the Osterwalder's business model canvas plus the social and environment aspects. Totally sixteen different questions of business model are in focus. Properly used it might show up some new risk and opportunities (A. Upward, Flourishing Business model canvas, 2016). The authors did not use the tool to make the full analysis, but couple example of its outcome could be in the section of Goals, the core idea of the entire Kyyti application is to improve the utilization rate of cars and thereby reduce CO2 emissions. This kind of a service could be also one way to reduce traffic in metropolitan areas. Ecosystem actors and needs as Finnish government and national laws might push the cities to reduce the emissions in coming years. This kind of service what Kyyti is providing might come to a very new perspective. That time the concept is already done and ready to be taken in use in larger scale operations.

5. Business ecosystem view

For ecosystem perspective, the authors used Ron Ardner's notion: Ecosystem as Structure. This notion is focusing to present all partners that need to interact together for value proposition. The ecosystem's structure is based on four elements: activities, actors, positions, and links. For this purpose, it is possible to use the Kyyti Dynamic MaaS chart shown in the **Figure 3.**

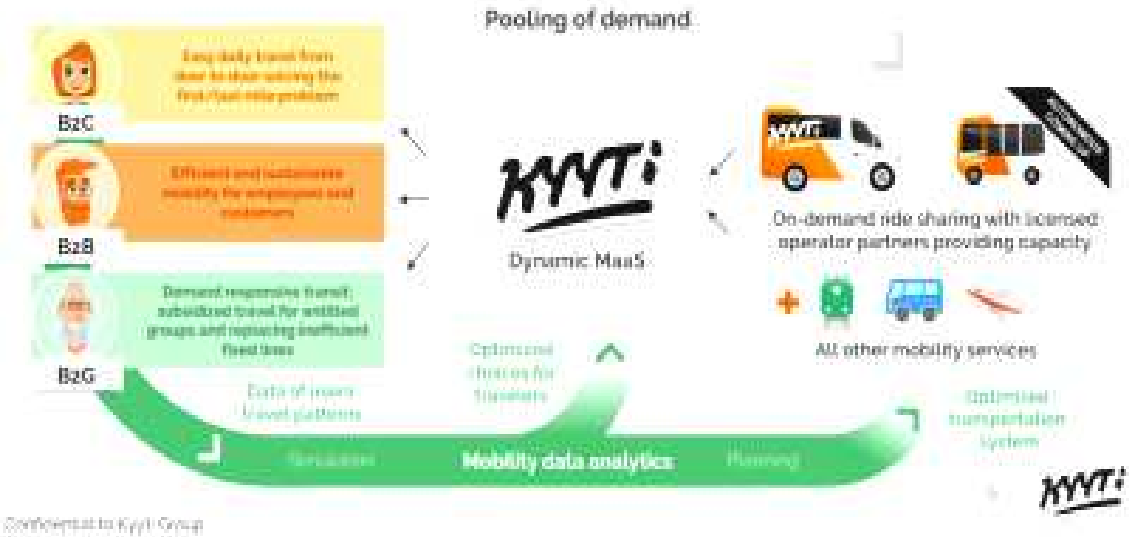


Figure 3. Kyyti's ecosystem model

Customers as an actor are generating the demand for transportation. This transportation activity is filled up with mobility partner's providers working as actors. Kyyti application's role in the ecosystem is to work as central actor, which links the customers to service providers together. Customers using the application are generating valuable mobility data, which is analyzed and linked back. It will further be used for the planning of the transportation system and for the optimization of the car fleet.

References

Zott, C., Amit, R., 2010. Business Model Design: An Activity System Perspective. Long Range Planning 43 (2010) 216-226.

CEO of Kyyti, Pekka Möttönen 2017, Press release. Available: http://www.kyyti.com/news-fi-kyytihelsinki.html.

A. Upward, 2016 Flourishing Business Canvas, Basic Walk-Through [Referred 1.12.2018] Available: http://businessdesign.tools/flourishing-business-canvas.

Kyyti Dynamic MaaS chart [Referred 2.12.2018]. Available: https://businessfinland.kuvat.fi/kuvat/EUREKA+Innovation+Days+Conference+2018/Presentations/Pekka.M%C3%B6tt%C3%B6.pdf?img=full.

УДК 330.15:332:504:502.6:550.028

Кононова Мария Юрьевна,
приглашённый профессор, доктор технических наук, доцент,
Вильдероттер Клаус,
профессор, доктор естественных наук, доцент

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ГЕОЭКОМАРКЕТИНГА НЕДВИЖИМОСТИ ТУРИСТСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РАЗВИТИЯ

Германия, г. Розенхайм, Техническая Высшая школа Розенхайма
Mariia.Kononova@th-rosenheim.de, Klaus.Wilderotter@th-rosenheim.de

Аннотация: Проект предназначен для развития территорий как устойчивой точки «умного туризма» на основе принципов устойчивого развития и управления рисками геоэкомаркетинга недвижимости. Новыми инструментами станут единый Chat Boot по местоположению и «умный консультант», позволяющий получать срочную информацию туристу и о туристе, а также о туристической инфраструктуре и недвижимости. Проект открывает возможности для Food Hub через эко- и этно - мультикультурный гастрономический туризм, предоставляя лицу, принимающему решения, срочную информацию непосредственно от туристов с помощью «умного помощника». Стандартную основу составляют показатели ЮНВТО по устойчивому развитию туризма. Анализируя геоэкологические аспекты, необходимо учитывать системное решение требований по территории развития и риски управления недвижимостью, опираясь на экологический учёт и рациональное природообустройство [1-6]. Инспирация подготовлена на основании методологии, разработанной в СПбПУ, ИСИ с использованием программных средств Технической высшей школы Розенхайма.

Ключевые слова: цели ООН, показатели ЮНВТО, территория развития, геоэкомаркетинг, управление рисками, туристская недвижимость.

Maria Kononova,
Visiting Professor, Dr.-Eng. habil, Ass.Prof. ,
Klaus Wilderotter,
Professor, doctor of natural sciences, Ass.Prof.

RISK MANAGEMENT OF THE GEOECO-MARKETING OF REAL ESTATE OF THE TOURIST DEVELOPMENT AREAS

Germany, Rosenheim, Technical University of applied Science,
Mariia.Kononova@th-rosenheim.de,
Klaus.Wilderotter@th-rosenheim.de

Abstract. The project is intended for development areas as the sustainable point of "smart tourism" on the basis of the principles of sustainable development and risk management of the geoeco-marketing real estate. The uniform location chat boot and "the smart adviser" allowing to obtain urgent information to the tourist and about the tourist and also about tourist infrastructure and real estate will become new tools. The project opens opportunities for Food Hub through eco- and ethno - multicultural gastronomic tourism, granting the decision-maker of urgent information directly from tourists by means of "the smart assistant". The standard basis is made by UNWTO indicators on sustainable development of tourism. Analyzing geoecological aspects is necessary to consider a system decision of requirements on development area and risk management real estate according to ecological account and rational arrangement of a natural landscape [1-6]. Inspiration has been prepared on the basis of methodology developed in Peter the Great St.Petersburg State Polytechnic University, Civil Engineering Institute, with usage of Software and Workings out Technical University of Applied Science.

Keywords: UN goals, UNWTO indicators, development area, geoeco-marketing, risk management, tourist real estate.

Саммит ООН 2015 года четко определил планетарные цели развития тысячелетия из 169 показателей для 17 целей на срочную перспективу до 2030 года (рис. 1).

Рис. 1. Цели в области устойчивого развития ООН
www.unwomen.de/agenda-2030/transformation-unserer-welt-die-agenda-2030-fuer-nachhaltige-entwicklung.html

Устойчивый туризм занял прочное место в Повестке дня на период до 2030 года. Однако для реализации этой повестки дня требуется чёткая рамочная основа осуществления, надлежащее финансирование и инвестиции в технологии, инфраструктуру и людские ресурсы (ЮНВТО).

Территория развития – любая территория, имеющая целевую привлекательность, обеспеченная (обладающая) достаточной ресурсоёмкостью (биосферного характера), отвечающая нормам и правилам жизнедеятельности человека и не имеющая скрытых форм угрозы здоровью человека и его жизни (2002).

Туризм располагает потенциалом для внесения, прямо или косвенно, вклада в достижение всех этих целей. В частности, он был включён в качестве задачи в цели 8, 12 и 14, касающиеся всеохватного и устойчивого экономического роста, рациональных моделей потребления и производства, рационального использования океанов, морей и морских ресурсов, соответственно. Следует отметить о необходимости управления рисками геоэкомаркетинга недвижимостью и сопровождающей инфраструктурой на территориях развития туризма.

Критерии и оценки отраслевых показателей сохраняют свою актуальность для любой территории и населённого пункта мирового сообщества: #1 количество ресурса; #2 качество ресурса; #3 удельные показатели использования; #4 безвозвратное потребление; #5 общая / экологическая/ геоэкологическая безопасность; #6 здоровье; #7 долголетие населения страны.

«*Умные*» ресурсные среды – это высокотехнологичные пространства с ответственным проектированием, гарантирующие совокупность и достаточность необходимых городу ресурсов и их своевременную подачу и утилизацию. Для которых разрабатываются математические модели управления рисками геоэкомаркетинга туристских территорий развития.

Гармонизация и насыщение происходят за счёт продуманного зонирования территорий развития и их ревитализации в части жилищно-коммунального обеспечения и социально-общественного пространства. Для формирования сильной устойчивости среды обитания и стратегирования геоэкомаркетинга туристских территорий развития с целью создания цифровой циркуляционной экономики.

Вызовы, которые сегодня уже можно назвать задачами текущего момента цифровой экономики, как в части прототипирования их функционала, так и в части подготовки инженерных кадров по их созданию, сопровождению и дальнейшему совершенствованию:

1 Digital Skills – Inspiration (цифровые навыки – инспирация);

2 Smart Skills – Visualization (интеллектуальные интеллигентные навыки – визуализация);

3 World Skills – Transformation (мировые навыки – трансформация);

4 Resources Skills – Revitalization / Accounting (ресурсные навыки – ревитализация, учёт-баланс).

Зелёный коридор цифровой циркуляционной экономики - это совокупность и многообразие реализации технологических инициатив цифровой циркуляционной экономики в пространстве приоритетных проектов экономического роста стран, объединённых данной природно-ресурсной платформой с учётом требований устойчивого развития, продвижения и сопровождения. Это соответствует 17 целям устойчивого развития ООН, которые стремятся достигнуть все страны мира к 2030 году. Цвет коридора зависит от срочных и стратегических намерений, который может быть так же синего, красного и оранжевого цвета.

Процессы и потребности различных территорий развития и видов туристской деятельности на них стимулируют и выявляют доминирующие процессы и потребности для последующего геоэкомаркетинга территории развития в зависимости от основных двух показателей локации – а) плотность населения и б) мобильность населения: 1. Re-урбанизация; 2. Re-интеграция; 3. Re-девелопмент; 4. Re-витализация; 5. Re-натурирование.

При цифровании и блокчейне важно учитывать:

Обеспечение – геоэкологической безопасности \ самовоспроизводства;

Сохранение – экосистемной устойчивости \ социума и коренных народов;

Приумножение – самоорганизованности\ малого и среднего бизнеса\ World Skills – мировых навыков\ исторической памяти\ семейных и родовых ценностей\ этнотрадиций.

Подготовка инженерных и научных кадров для достижения целей ООН в области устойчивого развития:

1. Мультинациональное образование для цифровой экономики при развитии туристской недвижимости и ресурсной инфраструктуры;
2. Учебно-научные туристские кластеры зелёных коридоров;
3. Мобильная Академия блокчейн инфраструктуры управления рисками геоэкомаркетинга недвижимости и инфраструктуры;
4. Геоэкологический маркетинг недвижимости территорий развития - геоэкологическая безопасность – ДДЗ навигаторы жизнедеятельности;

5. Блокчейн цифровой экономики для безопасности территорий развития и туристской отрасли.

Вопросы, требующие дальнейшего исследования и детализации в условиях цифровой циркуляционной экономики:

- Этнокультурное развитие – девелопмент и логистика;
- Устойчивое развитие территорий – видовое разнообразие и ресурсоэффективность;
- Геоэкологический маркетинг территорий развития (включая объекты туризма и спорта\досуга и отдыха);
- Big/Small Data & Blockchein для цифрования инфраструктуры и недвижимости туристской отрасли.
- Подготовка прототипа единого загрузочного чата «умного туризма» синхронизированного с Платформой управления Smart City и устойчивым туризмом.

Список литература:

1. Кононова М.Ю. Методология геоэкологического анализа ГЭС и их каскадов : дис. … д-ра техн. наук: 05.14.08 / М.Ю. Кононова; СПбГПУ; науч. консультант Ю. С. Васильев.— СПб, 2002.— 290 с.

2. Кононова М.Ю. О геоэкологическом маркетинге устойчивого развития туристско-рекреационных зон территорий городов / Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2008. № 6 (70). С. 142-148.

3. Кононова М.Ю. Расширение функциональной значимости объектов на ВИЭ для поддержки геоэкологической оценки территорий развития / В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 114-120.

4. Кононова М.Ю. Использование визуализации стратегического управления территорий АПК/ В сборнике: Проблемы агропромышленного комплекса стран Евразийского Экономического союза. Материалы I Международной научно-практической конференции. 2015. С. 159-166.

5. Кононова М.Ю., Кирсанов А.А. Геоэкологическая безопасность индивидуального экологического следа сельского хозяйства Арктики / В сборнике: ВАВИЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2016 сборник статей международной научно-практической конференции, посвящённой 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. 2016. С. 297-303.

6. Кононова М.Ю. Развитие функциональной значимости туристско-рекреационных инфраструктур и недвижимости города /В сборнике: Проблемы физической культуры, спорта и туризма в свете современных исследований и социальных процессов. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. 2017. С. 465-469.

Секция 1

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 501:517:519

Фирсов Андрей Николаевич,
профессор, доктор технических наук

КИБЕРФИЗИКА И ТИПОЛОГИЯ МОДЕЛЕЙ

Россия, Санкт-Петербург, Политехнический университет
Петра Великого
anfirs@yandex.ru

Аннотация: в заметке сделана попытка представить прозрачную и, по возможности, формализованную иерархию основных типов моделей, используемых при описании динамических процессов в принципиально, на первый взгляд, различных системах. Подчеркивается, что математическая модель является естественной и универсальной средой эффективного анализа системных процессов различной природы, включая процессы в киберфизических системах.

Ключевые слова: система, киберфизическая система, физическая модель, аналоговая модель, математическая модель

Andrei N. Firsov,
Professor, Doctor of Technical Sciences

CYBERPHYSICS AND TYPOLOGY OF MODELS

Russia, St. Petersburg, Peter the Great Polytechnic University,
anfirs@yandex.ru

Abstract. This note attempts to provide a transparent and, if possible, formalized hierarchy of the main types of models used in the description of dynamic processes in various, at first glance, systems. It is emphasized that the mathematical model is a natural and universal medium for the effective analysis of system processes of various nature, including processes in cyber-physical systems.

Keywords: system, cyber-physical system, physical model, analog model, mathematical model

Чтобы прочитать Великую Книгу Природы,
нужно знать язык, на котором она написана.
А написана она языком математики.
Галилео Галилей

Определим *систему* как совокупность (множество) объектов [1]той или иной природы, взаимодействующих друг с другом и внешней сре-

[1] Объекты, составляющие систему, иногда называют ее элементами.

дой. Поскольку всякое взаимодействие предполагает возможность изменения состояния как самих объектов, составляющих систему, так и системы в целом, то первой задачей исследователя является установление закономерностей этих изменений с целью предсказания последних. Второй задачей становится задача формирования воздействий на систему в целом (через изменения, вносимые в условия внешней среды) или составляющие ее объекты с тем, чтобы реализовать требуемые изменения характеристик системы и/или ее объектов. Иными словами, мы должны говорить об исследовании и управлении *процессами*, происходящими в системе.

Для определенности формулировок, укажем на смысл, который мы вкладываем здесь в термин «характеристики». Под *характеристиками системы* мы понимаем количественное или функциональное описание значимых для целей исследования свойств системы в целом и составляющих ее объектов. Совокупность значимых характеристик не является чем-то неизменным, и может меняться в процессе исследования в зависимости от получаемых результатов, изменения целей исследования, поступления дополнительной информации (экспериментов, вычислений, открытий и т.п.). Приведем несколько примеров. В классической механике значимыми характеристиками свободной материальной точки являются ее координаты (точнее, радиус-вектор) и импульс. Для голономной системы материальных точек – совокупность обобщенных координат и скоростей (импульсов) точек системы и функция Лагранжа[1], причем последняя, как известно, представляет собой *функцию* обобщенных координат и обобщенных скоростей точек системы и, возможно, времени. В квантовой механике значимыми характеристиками для частицы являются, например, волновая *функция*, энергия (*оператор*) и спин (*число*). В газовой динамике значимыми характеристиками являются *функции* пространственных координат и времени (плотность, скорость, давление, температура и т.д.). В классической молекулярно-кинетической теории газов основными характеристиками системы молекул являются *функция* распределения и закон взаимодействия молекул между собой, представляющий собой *оператор*.

На практике, изучение процессов в любой реальной системе сводится к их *моделированию*, т.е. к приближенному описанию с помощью создания их упрощенных *моделей*. Традиционно, модели систем и процессов в них делятся на два основных класса: физические и математические модели, хотя такое деление во многом условно, поскольку, как мы увидим ниже, физическая модель без ее математического собрата теряет

[1] Или полная энергия системы.

большую часть своей эффективности и практической значимости. В серьезных исследованиях эти модели должны идти «рука об руку».

Под *физической моделью* обычно понимается изделие, устройство или воображаемая система, являющаяся упрощённым подобием исследуемого объекта или системы и позволяющая воссоздать исследуемый процесс или явление с требуемой степенью точности. При этом, элементам системы ставятся в соответствие физические эквиваленты, воспроизводящие структуру, основные свойства и соотношения изучаемого объекта или процесса. Как правило, физическая модель объекта или системы должна иметь ту же качественную природу, что и моделируемый объект (система). В основу построения адекватной физической модели кладутся, как правило, идеи теории подобия и размерности.

Математическая модель – приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженное с помощью математической символики. Чаще всего математическая модель представляет собой совокупность уравнений и/или неравенств (алгебраических, дифференциальных, интегральных, операторных, функциональных). Арсенал методов исследования математических моделей чрезвычайно широк - от алгебры логики до функционального анализа[1]. При этом, поскольку математическая модель является объектом "математического мира", исследоваться она должна на принятом в этом "мире" уровне строгости. Наконец, важно понимать, что математическую модель нельзя "доказать". Это всегда гипотеза, справедливость которой проверяется только практикой ее применения.

Процесс *математического моделирования*, т.е. изучения явления с помощью математической модели, можно подразделить на четыре этапа [1].

Первый этап – формулирование законов, связывающих основные объекты модели. Этот этап требует широкого знания фактов, относящихся к изучаемым явлениям, и глубокого проникновения в их взаимосвязи. Эта стадия завершается записью в математических терминах сформулированных качественных представлений о связях между объектами модели.

Второй этап – исследование математических задач, к которым приводит математическая модель. Основным вопросом здесь является решение *прямой задачи*, т.е. получение в результате анализа модели выходных данных (теоретических следствий) для дальнейшего их сопоставления с результатами наблюдений изучаемых явлений. На этом этапе важную роль приобретают математический аппарат, необходимый для

[1] Включая, естественно, численные методы. Но методика их применения и интерпретация результатов должны быть математически строго обоснованы.

анализа математической модели, и вычислительная техника – мощное средство для получения количественной выходной информации как результата решения сложных математических задач.

Третий этап – выяснение того, удовлетворяет ли принятая (гипотетическая) модель критерию практики, т.е. выяснение вопроса о том, согласуются ли результаты наблюдений с теоретическими следствиями модели в пределах точности наблюдений. Если уклонения выходят за пределы точности наблюдений, то модель не может быть принята. Часто при построении модели некоторые ее характеристики остаются неопределенными. Задачи, в которых определяются характеристики модели (параметрические, функциональные) таким образом, чтобы выходная информация была сопоставима в пределах точности наблюдений с результатами наблюдений изучаемых явлений, называются *обратными задачами*. Если такой сопоставимости нельзя добиться ни при каком выборе характеристик, то модель непригодна для исследования рассматриваемых явлений. Применение критерия практики к оценке математической модели позволяет делать вывод о правильности положений, лежащих в основе подлежащей изучению (гипотетической) модели.

Четвертый этап – последующий анализ модели в связи с накоплением данных об изучаемых явлениях и модернизации модели. В процессе развития науки и техники данные об изучаемых явлениях все более и более уточняются и наступает момент, когда выводы, получаемые на основании принятой математической модели, не соответствуют нашим знаниям о явлении. Таким образом, возникает необходимость построения новой, более совершенной математической модели.

Хорошей иллюстрацией сказанного выше может быть пример развития теории тяготения. Классическая теория тяготения Ньютона, с математической точки зрения, опиралась на евклидову модель пространства-времени, что, в конечном итоге, привело к описанию динамики системы материальных тел на основе уравнений Лагранжа. Как показывает опыт, теория Ньютона-Лагранжа адекватно описывает механические процессы, с которыми мы сталкиваемся на Земле и в космосе в пределах Солнечной системы. Блестящий пример тому – открытие планеты Нептун, которое было сделано в 1846 г. немецким астрономом И. Галле на основе расчетов У. Леверье (Франция) и Дж. Адамса (Англия), опиравшихся на теорию тяготения Ньютона. Однако, развитие космологических исследований в начале XX века привело к открытию явлений, которые не могли быть объяснены в рамках классической теории тяготения. Поиски ответов на возникшие вопросы привели А. Эйнштейна (к 1916 году) к построению новой математической модели пространства-времени, в которой за основу была принята гипотеза о пространстве-

времени как римановом пространстве, в котором тензор кривизны зависит от распределения и величины масс космических объектов. В таком пространстве, в частности, свет (точнее, фотоны) распространяется не прямолинейно (как в евклидовой модели), а по геодезическим линиям соответствующего риманова пространства. Теория Эйнштейна подтвердилась экспериментально в 1919 году, когда наблюдалось отклонения луча света от звезды при его прохождении вблизи Солнца, что качественно и количественно соответствовало предсказаниям теории. С другой стороны, в отсутствие вблизи исследуемых объектов больших (по космическим понятиям) гравитирующих масс, поправки (по отношению к классической теории тяготения), даваемые теорией Эйнштейна, становятся, с практической точки зрения, пренебрежимо малыми. Это позволяет успешно продолжать использовать в соответствующих условиях ньютонову теорию тяготения.

Другой пример, иллюстрирующий описанные этапы математического моделирования, приведен в цитированной выше статье А.Н. Тихонова в «Математической энциклопедии».

Заканчивая тему о физических и математических моделях, укажем на стоящие несколько особняком *аналоговые модели*. Этот тип моделей ярко демонстрирует органическую связь методов физического и математического моделирования. Суть аналогового моделирования состоит в следующем. Рассмотрим две системы различной физической природы (например, механическую и электрическую). Процессы в этих системах протекают согласно качественно различным физическим законам. Если, однако, математические модели обеих систем имеют одинаковый вид, т.е. с математической точки зрения эти системы одинаковы, то на основании исследования поведения одной системы можно делать вывод о поведении другой системы[1].

В качестве примера рассмотрим следующие механическую и электрическую системы [2]. Пусть механическая система с одной степенью свободы представляет собой массу m, перемещение которой происходит под действием возмущающей силы p, упругой восстанавливающей силы (например, пружины), характеризуемой жесткостью c, и демпфирующей силы вязкого трения с коэффициентом r. Пусть h – координата массы m, определяющая ее отклонение от положения равновесия. Уравнение движения такой механической системы имеет вид

$$m\ddot{h} + r\dot{h} + ch = p\,. \qquad (1)$$

[1] Следует различать *аналоговые* и *подобные* модели, изучаемые в теории подобия и размерности. В последнем случае мы имеем дело с физическими моделями *одинаковой* физической природы, в то время, как аналоговые модели – это физические модели *различной* физической природы.

Пусть, далее, электрическая система представляет собой электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных источника ЭДС e, индуктивности L, сопротивления R и инверсной емкости S ($S=1/C$). Пусть q – величина электрического заряда, переносимого током i через поперечное сечение проводника:

$$q = q_0 + \int_0^t i dt .$$

Из второго закона Кирхгофа вытекает следующее уравнение:

$$L\ddot{q} + R\dot{q} + Sq = e . \qquad (2)$$

Если величины p и e как функции времени меняются по одному и тому же закону, то уравнения (1) и (2), по существу, тождественны и, следовательно, изучение поведения механической системы можно заменить изучением поведения системы электрической и наоборот. Таким образом, эти две системы, с точки зрения их математических моделей, аналогичны друг другу, хотя и являются системами различной физической природы.

Приведенные выше примеры касались моделирования «материально-физических» систем, однако все сказанное в равной степени относится и к задачам математического моделирования систем иной природы – социальным, экономическим и т.п. Иными словами, поведение систем, «сделанных из разного теста», можно эффективно исследовать с помощью моделей, строящихся в рамках одной из них – математической. Нужно только правильно подобрать соответствующий математический аппарат. Например, для построения и исследования адекватных математических моделей социальных и экономических процессов приходится обращаться к таким, казалось бы, совершенно абстрактным, областям аналитической математики как теория катастроф и алгебраическая топология (см., например, [3, 4]).

Наконец, нам представляется уместным подробнее остановиться на варианте интерпретации понятия *киберфизической системы*. Такая интерпретация, с нашей точки зрения, достаточно определённо очерчивает класс соответствующих теоретических и прикладных задач и методов их решения, и которая позволяет сориентироваться в выборе подходящих математических моделей и методов анализа динамики соответствующих систем.

Начнём с того, что термин *киберфизика* нередко связывают с понятием «Industry 4.0» (см., например, соответствующую статью в https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0). Это, на наш взгляд, не совсем верно, поскольку, как правило, термин «Индустрия 4.0» относится, скорее, к *технологическим признакам социально-экономических процессов* в обществе, нежели к особенностям научного фундамента и направлений

научных исследований, лежащих в основе управления такими процессами. Хотя формальные определения термина «Industry 4.0» непрерывно варьируются, суть этих определений можно, на наш взгляд, сформулировать следующим образом: «переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть Вещей и услуг».

Нам представляется, что при анализе больших систем имеет смысл разделять *системный* подход, который ориентирован на структуру и модель системы, и *кибернетический,* который ориентирован на функции системы, на то, как осуществляется управление отдельными действиями и как отдельные узлы взаимодействуют между собой. Вместе с тем, поскольку структура системы и ее функции неразделимы между собой, о теории систем и кибернетике можно говорить как о двух сторонах одной медали.

Что же касается собственно понятия *киберфизика*, то удачный и, на наш взгляд, почти исчерпывающий ответ[1] на этот вопрос дал А.Я. Лернер [7]. Вот суть этого ответа.

1) *Проблема модели*, включающая все задачи построения идеализированных (упрощенных) моделей реальных систем, пригодных для теоретического и экспериментального изучения их свойств. Основные задачи здесь сводятся к тому, чтобы заменить реальные системы, исследовать которые невозможно вследствие их большой сложности, системами более простыми и доступными для теоретических исследований. Главная трудность состоит в том, что создаваемые модели должны быть достаточно сложными, чтобы их свойства в нужной мере соответствовали свойствам оригиналов, и в то же время настолько простыми, чтобы их можно было описать и решать нужные задачи, пользуясь составленными описаниями. Отыскание компромисса между этими противоречиями — часто очень трудная задача, которую пока удалось решить лишь для нескольких относительно узких классов систем.

2) *Проблема декомпозиции* — расчленения исходной системы на относительно обособленные части. Задача управления большой системы существенно упрощается, если представить ее в виде некоторого множества задач управления частями системы. При этом, однако, приходится преодолевать трудности, связанные с выбором способа декомпозиции, который обеспечивал бы необходимое упрощение процедуры решения, но не вызывал бы слишком больших погрешностей из-за отбрасывания некоторых связей при расчленении системы на части.

[1] Т.е. ответ, который предлагает инструменты для чёткой постановки и решения соответствующих задач.

3) *Проблема агрегирования* — объединения нескольких показателей одним, сводным, с целью упрощения решения задач управления большой системы; так же, как и декомпозиция, имеет целью преодоление "барьера многомерности". Она заключается в выборе такого объединения показателей, которое существенно облегчило бы решение задач управления, но не приводило бы к недопустимым ошибкам, возникающим из-за уменьшения детальности описания системы.

4) *Проблема стратегии* — выбора способа оценки состояния системы и среды и выработки программы управляющих воздействий, обеспечивающей наилучшее достижение целей управления. Главные трудности в формировании стратегии управления связаны с необходимостью прогнозирования изменений системы и среды, которое принципиально не может быть точным.

В частности, сложность реальных систем, как правило, приводит – с математической точки зрения – к необходимости анализировать обратные и некорректные задачи для существенно нелинейных математических моделей, которые, вдобавок, могут носить вероятностный характер.

Заключение. Сказанное выше дает основание классифицировать системы (независимо от их реальной природы) в соответствии с классами математических моделей, используемых для описания соответствующих систем. Например, системы, математические модели которых описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями; системы, описываемые уравнениями с частными производными; системы, описываемые интегральными и интегро-дифференциальными уравнениями; системы, описываемые операторными уравнениями в гильбертовых пространствах, и т.п.

Список литературы

1. Тихонов А.Н. Математическая модель. – В кн. Математическая энциклопедия в 5 томах, т. 3. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1982.

2. Львович А.Ю. Электро-механические системы: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989.

3. Гуц А.К., Фролова Ю.В. Математические методы в социологии. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007.

4. Проблемы оптимизации и экономические приложения: материалы V Всероссийской конференции (Омск, 2 – 6 июля 2012). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2012.

5. Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Я.Г. Прикладная математика. Предмет, логика, особенности подходов. – Киев, «Наукова Думка», 1976. Их же: Механика и прикладная математика: логика и особенности приложений. – М.: Наука, 1990.

6. Лернер А.Я. Введение в теорию автоматического регулирования. - М.: Машгиз, 1958.

7. Лернер А.Я.. Начала кибернетики. – М.: Наука, 1967

8. С. Рассел, П. Норвиг. Искусственный интеллект. Современный подход. – М.: Вильямс, 2007.

9. E.A. Lee. The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems. – Berkley, Univ. of California, 2015.

УДК 007.51, 338.2

Карлик Александр Евсеевич[1],
заведующий кафедрой экономики и управления предприятиями и производственными комплексами, д-р экон. наук, профессор
Яковлева Елена Анатольевна[2]**,**
профессор, д-р экон. наук, доцент
Платонов Владимир Владимирович[3],
профессор, д-р экон. наук, профессор,
Катермина Татьяна Сергеевна[4],
доцент, канд. техн. наук

АКТИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА И НОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[1,2,3]Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[4]Россия, Нижневартовск, Нижневартовский государственный университет
[1]karlik1@mail.ru, [2]helen7199@gmail.com, [3]vladimir.platonov@gmail.com, [4]nggu-lib@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена необходимости разработки новых методов управления для реализации активной промышленной политики в условиях цифровизации, связанной с внедрением киберфизических систем. Целью статьи является анализ факторов и требований для внедрения новых методов управления, обеспечивающих киберфизические системы в промышленности. Рассматриваются распространение интернета вещей, формирования цифровых экосистем и другие ключевые моменты, связанные с формированием кооперационных сетей. Предлагается модель формирования промышленной политики в условиях информационно-сетевой экономики.

Ключевые слова: новые методы управления, информационно-сетевая экономика, киберфизические системы, кооперационные сети, цифровизация, промышленность, когнитивная экономика, активная промышленная политика, конкурентоспособность в промышленности.

Alexander A. Karlik[1],
Head of Department, Doctor of Economic Sciences, Professor,
Elena A. Yakovleva[2]**,**
Doctor of Economic Sciences, Professor,
Vladimir V. Platonov[3]**,**
Doctor of Economic Sciences, professor,
Tatiana S. Katermina[4]**,**

Ph.D. Candidate of Economic Sciences, associate professor

ACTIVE INDUSTRIAL POLICY AND THE NEW MANAGEMENT METHODS FOR THE DEVELOPMENT OF THE CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN INDUSTRY

[1,2,3]Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics,
[4]Russia, Nizhnevartovsk, Nizhnevartovsk state university,
[1]karlik1@mail.ru@gmail.com, [2]helen7199@gmail.com,
[3]vladimir.platonov@gmail.com, [4]nggu-lib@mail.ru

Abstract. The article is deals with the necessity to develop new management methods for the implementation of the active industrial policy under the conditions of digitalization related to the introduction of cyber-physical systems. The purpose of the article is to analyze the influences and requirements for the introduction of the new management methods that support the cyber-physical systems in industry. It discusses the proliferation of the Internet of things, the rise of the digital ecosystems and other key point related to the development of the cooperative networks. A model for the formation of industrial policy under the conditions of the information and network economy is proposed.

***Keywords*:** new management methods, information-network economy, cyber-physical systems, cooperation networks, digitalization, industry, cognitive economics, active industrial policy, industrial competitiveness.

Введение

В настоящее время цифровая экономика становится главной тенденцией развития мировой экономики и экономики России. В постановлении № 1030 от 28 августа 2017 г. Правительством Российской федерации была разработана и утверждена программа по созданию условий для перехода страны к цифровой экономике. Она подготовлена предшествующим бурным развитием информационных технологий. Внедрение технологий цифровой экономики осуществляется посредством активной промышленной политики. В соответствии с ФЗ-488 от 31 декабря 2014 года промышленная политика, представляет собой комплекс мер, направленных на развитие промышленного потенциала, обеспечение производства конкурентоспособной промышленной продукции. Согласно этому закону промышленное производство означает совокупность видов экономической деятельности от добычи полезных ископаемых до утилизации отходов. Вместе с тем, в виду ключевого значения телекоммуникаций в информационно-сетевой экономике эта отрасль, как и совокупность всех видов экономической деятельности, связанных с производством информации должно также находится в фокусе промышленной политики. В условиях информационно-сетевой экономики и цифровизации главным объектом интеграции информационно-коммуникационных технологий и промышленности становятся киберфизические системы [4, 5]. На первый план выдвигается необходимость внедрения новых методов

управления, таких как методы, основанные на моделировании сложных плохо формализованных систем для поддержки управленческих решений разного уровня. Например, метод лингво-комбинаторного моделирования М.Б. Игнатьева [4].

Поэтому, раскрывая сущность активизации промышленной политики необходимо указать на наличие характерных ее черт, таких как новые методы управления на основе киберфизических систем, полицентризм, интеграция и кооперация, высокая турбулентность внешней среды функционирование, сетевое взаимодействие и высокий потенциал роста. Рассмотрим ключевые из них.

Новые методы управления в промышленности тесно связаны с развитием информационных технологий и с новыми возможностями интеллектуальных технологий, масштабным использованием интернет технологий, технологий извлечения знаний (OLAP, Data Science, Multistate Data Analytics Tool и имитационного моделирования) обработки информаций, поиска, регистрации и хранения данных.

Их широкое внедрение в систему управления производством и сбытом современного цифрового предприятия соответствует характерным чертам Индустрии 4.0. К. Шваба [7], когда технологии объединяются в три блока – биологический, цифровой и физический. В соответствии с Индустрией 4.0 для производственных предприятий и их кооперационных сетей формируются киберфизические системы диагностики и управления для интеграции физических ресурсов и вычислительных процессов. Это связано с внедрением и распространением таких новых технологий как промышленный интернет вещей, автономные роботы, симуляция, облачные технологии, большие данные и аналитика, системная интеграция (горизонтальная и вертикальная), кибербезопасность, дополненная реальность и другие).

Для активной промышленной политики требуется формализация внутренней и внешней среды предприятия на основе методологии системного менеджмента [2, 6]. Процедура формализации использует современные технологии адаптивного управления и когнитивного моделирования на основе формирования экспериментальной межорганизационной сети и с учетом разработки предложений по методам оценки эффективности взаимодействия лиц, принимающих решения (ЛПР), размещение разработанного программного обеспечения на серверах специально созданного центра стратегического управления с применением современных гибридных интеллектуальных систем.

1. Новые технологии и активизация промышленной политики

Киберфизические системы – это системы, состоящие из различных природных объектов, искусственных подсистем и управляющих кон-

троллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое. Частью киберфизической системы является подсистема датчиков, обеспечивающая сбор информации для дальнейшей обработки и управления. В киберфизических системах обеспечивается тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. Компьютеры осуществляют мониторинг и управление физическими процессами с использованием такой петли обратной связи, где происходящее в физических системах оказывает влияние на вычисления и наоборот. Собранные данные могут быть обработаны методами интеллектуального анализа данных для выявления взаимосвязей между элементами объекта управления [4, 5].

Для распространения киберфизических систем необходима интеграция промышленных систем в единую сеть, в которой их элементы получат возможность самостоятельного обучения (генерировать новые модели поведения), самонастраиваться и связываться между собой в режиме реального времени. Такие нововведения приведут к уменьшению числа циклических ошибок на производстве и повышению скорости адаптивности продукции под новые потребности потребителей.

Одними из ключевых технологий цифровой экономики являются когнитивные технологии, внедряемые на всех стадиях экономической деятельности, значительно упрощая многие процессы. В цифровой экономике важную роль играют и облачные технологии, позволяющие обеспечить повсеместный и оперативный сетевой доступ к общему объему конфигурируемых вычислительных ресурсов. Интернет вещей – это концепция, предполагающая наличие оснащенности датчиками и подключения к интернету всех приборов (вещей) для осуществления удаленного мониторинга, управления и контроля процессов в режиме реального времени, в том числе автоматически. Интернет вещей предполагает сбор всевозможных данных, которые впоследствии будут приоритетно использованы для построения моделей, прогнозов и планирования, а промышленный интернет вещей – автоматизация производства благодаря удаленному управлению ресурсами и мощностями. Большие данные (Big Data) – это подходы, методы и инструменты для обработки структурированных и неструктурированных данных, в том числе из различных независимых источников для получения результатов, которые будут восприниматься человеком. Для больших данных характерны значительный объем, разнообразие, скорость обновления, что создает преимущество по сравнению со стандартными методами и инструментами обработки информации. Аддитивное производство (прямая объёмная цифровая печать, 3D-печать) – это технология, использующаяся практи-

чески повсеместно на современном производстве, послойное наращивание и синтез объекта с помощью компьютерных 3d технологий.

2. Организационные инновации, обеспечивающие функционирование киберфизических систем на современном предприятии

Предприятиям Индустрии 4.0 присущи особенности, связанные с необходимостью:

– функционирования развитой технологической платформы для сетевого взаимодействия и кооперации.

– создания инновационных цифровых бизнес-моделей (прототипов).

– формирования различных цифровых экосистем, семантических структур, в том числе реализующих когнитивные технологии для создания комплексных продуктовых решений для бизнеса (B2B) и потребителей (B2C) для извлечения дополнительной выгоды.

– появлением феномена гибридного интеллекта и ускорение цифровизации продуктов и услуг.

– горизонтальной и вертикальной интеграцией и кооперации, связанной с формированием кооперационных сетей в рамках цепочек создания стоимости. Использование цифровых технологий осуществляет обеспечение прозрачности и объединения существующих процессов на предприятии в едином информационном пространстве в режиме реального времени.

– возникновением феномена сетецентрического управления в субъектах управления (в широком смысле для социально-экономической системы) и производственных системах [3].

– ростом требований к промышленной (технологической) безопасности.

3. Модель формирования промышленной политики в условиях цифровизации и информационно-сетевой экономики

Темпы развития новых технологий и НТП обуславливают создание механизма адаптивного управления в системе стратегического планирования для принятия решения, позволяющего фактически мгновенно реагировать на изменяющиеся внешние и внутренние политические и экономические условия.

Для реализации внедрения достижений ИКТ и, прежде всего, технологий цифровой экономики необходима реализация системного подхода к активной промышленной политике в реальном секторе, которому соответствует модель формирования промышленной политики в условиях сетевой кооперации (рис. 1).

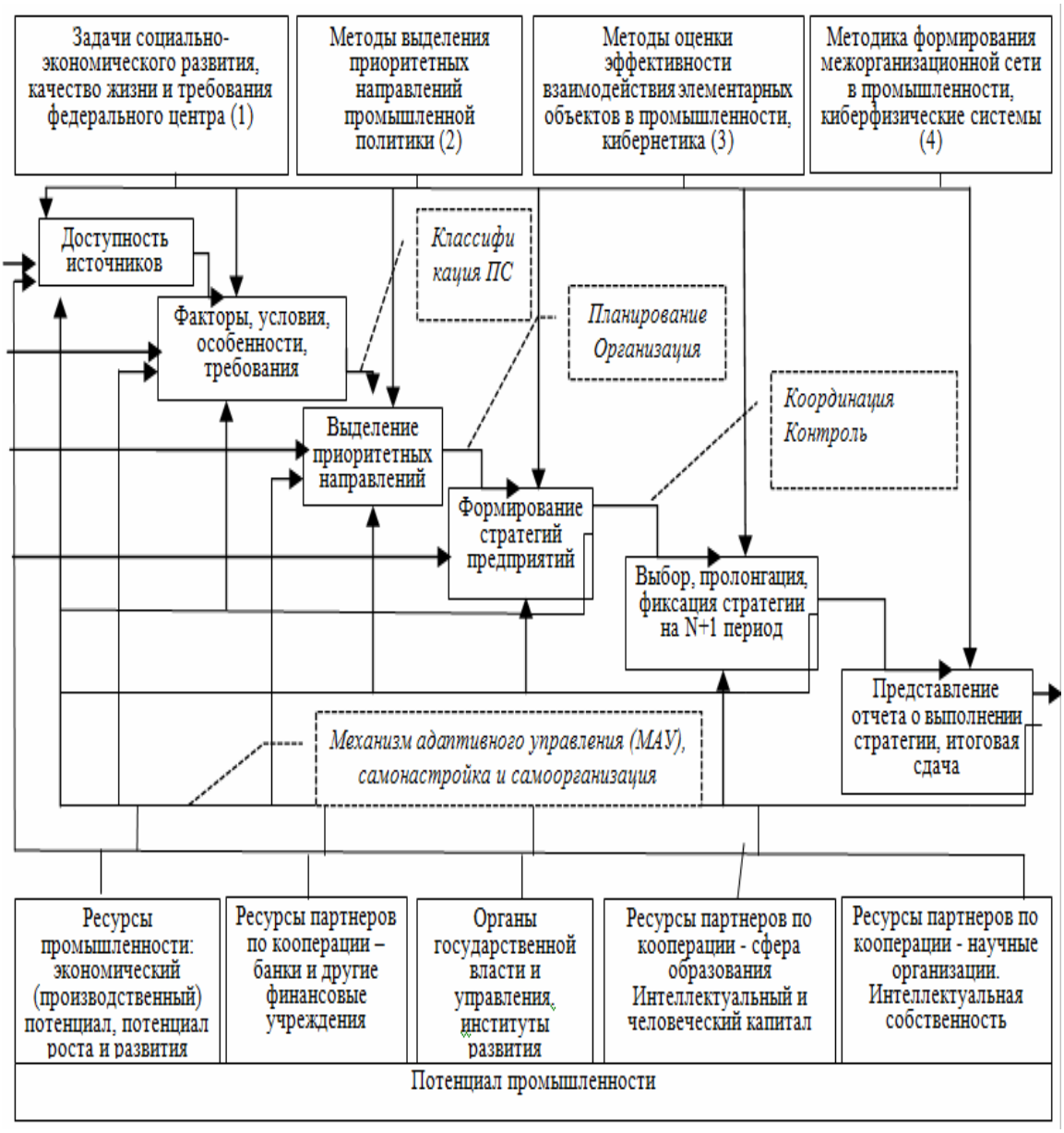


Рис. 1. Модель формирования промышленной политики

Из рис. 1 видно, что целеполагание в системе управления промышленной политики должно сочетать в себе и необходимость повышения производительности труда, включая рост заработной платы, наряду с осуществлением научных и технологических инновации в практической деятельности предприятий для создания прорывных технологий и создания точек роста, повышения качества продукции и услуг, повышения конкурентоспособности отечественной науки на основе долгосрочной стратегии управления наукой и технологией [1].

Современные информационно-коммуникативные технологии позволяют повысить гибкость, эффективность производственных процессов, ускорить прототипирование и моделирование систем в целях повышения эффективности стратегического управления и конкурентоспособ-

ности научно-производственного предприятия. Применение больших данных, их агрегирование и системная оценка данных из различных источников (датчики на технологическом и обслуживающем оборудовании, данные системы управления предприятиями и клиентскими сервисами и другие) используются для поддержки принятия управленческих решений. Получение данных для управления может быть осуществлено с применением технологий Интернета вещей, само управление в таком случае можно основывать на кибернетическом подходе.

Заключение

Внедрение новых методов управления для развития киберфизических систем в промышленности требует создания формализованных систем для поддержки управленческих решений разного уровня Разработанный М.Б. Игнатьевым в рамках кибернетического и когнитивного подходов метод лингво-комбинаторного моделирования позволяет удерживать в зоне адаптационного максимума сложные производственные системы и организовывать сетецентрические системы управления.

Благодарность

18-010-00971 «Исследование новых форм межфирменного взаимодействия и организации в реальном секторе в условиях информационно-сетевой экономики».

Список литературы:

1. Hinterhuber H. H., Levin B. M. Strategic networks—the organization of the future /Long range planning. – 1994. – Т. 27. – №. 3. – С. 43-53.

2. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. 3-е изд. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 304 с.

3. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. «Контроль и коррекция вычислительных процессов в реальном времени на основе метода избыточных переменных» / Нижневартовск, 2014, 188 с.

4. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ киберфизических структур / Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции: в 2-х томах // СПб. ФГАОУ ВО СПбПУ. 2017. С. 15-24.

5. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ проблемы управления хаосом / Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции // СПб. ФГАОУ ВО СПбПУ. 2016. С. 129-136.

6. Клейнер Г.Б. Системная парадигма и системный менеджмент//Российский журнал менеджмента, 2008. – № 3. – С. 27–50.

7. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – М.: Изд-во «Э», 2017. – 208 с.

УДК 303.732

Волкова Виолетта Николаевна[1],
д-р экон. наук, профессор;
Леонова Алла Евгеньевна[2],
начальник Научно-методологического управления,
Логинова Александра Викторовна[3],
канд. экон. наук, доцент,
Каракчиева Вера Валерьевна,
магистрант

РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

[1,3,4] Россия. Санкт-Петербург.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
saiu@ftk.spbstu.ru
[2] Россия. Москва. АО «НИЦЭВТ».
alla.leonova@nicevt.ru

Аннотация. В статье предлагается концепция преобразования существующей интегрированной автоматизированной системы информационного обеспечения (ИАС ИО) производства и управления предприятием в киберфизическую систему. Концепция основана на исследовании взаимодействия производственной системы и системы организационного управления предприятием и на принятии решений о целесообразности перевода соответствующих процессов в автоматизированный режим цифровизации. Проведен анализ развития автоматизации производства и управления предприятием. Обоснована возможность преобразования системы типа PDM в систему информационного сопровождения полного жизненного цикла изделия на основе методологии PLM, которая включает разработку проектов стратегий (долгосрочных и среднесрочных), планов по технологиям цифровизации для развития предприятия, сопровождению технологий цифровизации. Такое преобразование на основе внедрения эмерджентных технологий может стать основой создания киберфизической системы управления всеми этапами жизненного цикла деятельности предприятия – от получения заказа и организации производства до поставки заказчику и сопровождения изделия.

Ключевые слова: инновационные технологии, интегрированная информационная система, информационное обеспечение, киберфизическая система, предприятие, PDM, PLM, цифровизация.

Violetta N. Volkova[2]1,
Doctor of Economics, Professor,
Alla E. Leonova [2],
Chief scientific-methodological department,

Aleksandra V. Loginova[1],
Candidate of Economic Sciences, Associate professor,
Vera V. Karakchieva,
master student

ANALYSIS DEVELOPMENT OF AUTOMATION INFORMATION ENSURING OF ENTERPRISE CONTROL SYSTEM

[1] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia
saiu@ftk.spbstu.ru
[2] AO «NICEVT», Moscow, Russia
alla.leonova@nicevt.ru

Abstract. The article proposes the concept of converting an existing integrated automated information support system (IAS IO) for the control of production and management of an enterprise into a cyber-physical system. The concept is based on the study of the interaction of the production system and the system of organizational enterprisemanagement and on making decisions about the cost-effectiveness of translating the relevant processes into an automated digitalization mode. The analysis of the development of industrial automation and enterprise management, the possibility of transforming the PDM type system into a system of information support for the full product life cycle based on the PLM methodology, which includes the development of draft strategies (long-term and medium-term), plans for digitalization technologies for enterprise development, and support for digitalization technologies. Such a transformation based on the introduction of emergent technologies can be the basis for creating a cyber-physical system for managing all stages of the enterprise's life cycle - from receiving an order and organizing production to delivery to the customer and product support.

Keywords: innovative technologies, integrated information system, information support, cyber-physical system, enterprise, PDM, PLM, digitalization.

Введение

На протяжении развития автоматизации информационного обеспечения управления предприятиями по мере возникновения новых технологий изменялась терминология, виды информационных систем, стандарты, регламентирующие их разработку и функционирование.

По мере развития автоматизации на основе существующих информационных систем сопровождения жизненного цикла изделий типа PDM и жизненного цикла предприятия в целом типа PLM возможно создание системы типа киберфизической (в расширенном понимании этого термина), в которой датчики, контроллеры и процедурно-ориентированные информационные системы объединены в единую сеть на протяжении всего жизненного цикла изделия. При этом в результате интеграция вычислительных ресурсов в физические процессы производства и управления предприятием можно прогнозировать в соответствии с закономер-

ностью эмерджентности (одной из основных закономерностей теории систем, предложенной Л. фон Берталанфи [1]), возникновение эффекта появления нового качества, новых свойств, отсутствующих при разрозненном применении инновационных технологий, которые поэтому в ряде работ называют эмерджентными.

Для развития существующих интегральных информационных систем типа PDM и PLM в систему типа CPS необходимо исследовать бизнес-процессы предприятия, разрабатывая соответствующие модели, кратко характеризуемые в статье.

Поскольку все больше функций, которые раньше мог выполнять только человек, будет передаваться системам искусственного интеллекта, могут возникнуть и непредсказуемые последствия, отрицательно влияющие на развитие предприятия, или даже опасные. Поэтому важно контролировать интероперабельность (функциональную совместимость) технологий, необходимо разрабатывать модели управления устойчивым развитием предприятия.

1. Развитие автоматизированного информационного обеспечения управления предприятиями

В начальный период автоматизации на предприятиях были приняты термины: системы обработки данных (СОД), автоматизированные системы технологических процессов (АСУТП), технологической подготовки производства (АСУТПП), предприятием в целом (АСУП). Виды и технологии разработки этих систем регламентировались Общеотраслевыми руководящими методическими материалами (ОРММ).

В 1990-е гг. начали разрабатывать ИС по отдельным видам деятельности организаций — бухгалтерские, кадровые и т.п. По мере развития ИТ стали разрабатывать ИС, обеспечивающие возможность автоматизации нескольких видов деятельности организации, названные интегрированными (ИИС), а в последующем был принят термин «корпоративные информационные системы» (КИС).

С развитием систем телекоммуникаций стал активно развиваться информационный рынок программных продуктов в том числе называемых специализированными информационными системами. Развиваются информационные технологии (ИТ или IT-технологии). На основе новых информационных технологий развиваются *процессо-ориентированные корпоративные информационные системы* – системы, обеспечивающие реализацию процессного подхода к управлению предприятием. Менеджмент бизнес-процессов возник в рамках концепции CPI (Continuous Process Improvement) и его японского аналога TQM (Total Quality Management), согласно которой предполагается управление бизнес-процессом, как единым целым. Этот подход положен в основу стандартов

серии ISO 9000, которые разработаны Международной организацией по стандартизации (International Standard Organization – ISO) и определяют базовый набор принципов менеджмента качества.

Для автоматизации внутренней деятельности фирмы развивались ИС планирования потребности в материалах – MRP (Material Requirements Planning); ERP (Enterprise Resources Planning) системы, направленные на совершенствование процессов, планирования, изготовления, учета и контроля; система управления производством – MES (manufacturing execution system).

В основе ERP-систем лежит принцип создания единого хранилища данных, содержащего всю корпоративную информацию, включая финансовую информацию, производственные данные, данные по персоналу и т. д. ERP-система, имея набор интегрированных приложений, позволяющих создать интегрированную информационную среду (ИИС) для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-операций предприятия, помимо ядра, реализующего стандарт MRPII, включает ряд модулей: управления логистическими цепочками SCM; планирования и составления производственных графиков APS (Advanced Planning and Scheduling); системы управления взаимоотношением с клиентами CRM (Customer Relationships Managerment), электронной коммерции EC (Electronic Commerce); управления данными об изделии PDM (Product Lata Managerment); надстройку Business Intelligence на основе технологий OLAP и др. Система класса автоматизированная система управления и оптимизации производственной деятельности типа MES в режиме реального времени инициирует, отслеживает, оптимизирует и документирует производственные процессы от начала выполнения заказа до выпуска готовой продукции.

В настоящее время наиболее развитые автоматизированные информационные системы, обеспечивающие внутреннюю деятельность предприятий массового производства, включают (см., например, [2, 3]):

$$IIS = < ERP\ MRPII, MRP, MES, PDM > \quad (1)$$

где MES — manufacturing execution system;

MRP and MRPII — Material Requirements Planning;

ERP — Enterprise Resources Planning;

PDM — Product Data Managerment, обеспечивающие управление данными для сопровождения всех основных этапов производства конкретного технического продукта.

В конце 1990-х гг. был разработан также стандарт CSRP (Customer Synchronized Resource Planning), который охватывает взаимодействие предприятия с клиентами: оформление заказа, техническое задание, проектирование и изготовление требуемого товара, поддержку клиентов, и др.

CSRP = ERP + CRM.

Если стандарты MRP/MRPII/ERP ориентированы только на внутреннюю организацию предприятия, то в стандарт CSRP включен полный жизненный цикл изделия: от его проектирования с учетом требований заказчика до гарантийного и сервисного обслуживания после продажи.

Рассмотренные системы ориентированы в основном на предприятие с серийным и массовым производством.

В настоящее время на промышленных предприятиях с единичным и мелкосерийным производством для информационного обеспечения управления используются системы PDM (Product Data Management), развиваемые в PLM (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия).

Модули PDM/PLM — системы во многом схожи. Однако они принципиально отличаются. PDM — система управления продуктами, обеспечивает управление комплексной информацией об изделии. Среди ключевых функций системы: управление документацией об изделии (хранением, обработкой); инженерными и техническими данными, визуально-графическими и др. сведениями о конкретных изделиях; структурой продуктов, рабочими процессами; механизмом авторизации, автоматизации отчетности и т.д. PDM-система дает возможность наладить взаимодействие между пользователями, контролировать большие потоки инженерно-технической информации, получать разграниченный доступ к данным на любой стадии разработки/изготовления изделий. Во многом, поэтому ее считают основной при выборе управленческого модуля. PLM-системы, управляющие жизненными циклами продуктов в целом, предоставляют более «широкий» функционал и, собственно, включают в себя PDM. Управление изделиями — ключевой, но не единственный блок Product Lifecycle Management, и в разнице возможностей и состоит их принципиальное различие.

PLM предоставляет много дополнительных «опций» — например, создание схем утилизации отходов производства, модули: исследования рынка; проектирования, планирования, создания продуктов и рабочих процессов; закупки сырья, производства, проверки изделий; упаковки, хранения, продаж; технической и эксплуатационной поддержки; обеспечения взаимодействия между различными системами, интеграции их в общее информационное поле; утилизации и так далее.

2. Концепция CPS предприятия

В настоящее время нет однозначного общепринятого определения киберфизической системы (*Cyber-Physical System – CPS*), Поэтому обратимся к истории возникновения термина.

В ряде работ есть информация о том, что термин «киберфизическая система» был предложен в 2006 году по инициативе Департамента перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США DARPA (Английское агентство перспективных исследовательских проектов в области обороны), задачей которого является управление разработкой новых технологии для вооруженных сил с целью сохранения технологического превосходства США; перспективные исследования, устраняющие разрыв между фундаментальными исследованиями и их использованием в военной сфере. В некоторых статьях (например, [4]) называют даже автора термина –Хелен Джилл, которая тогда была директором по встраиваемым и гибридным системам в Национальном научном фонде США. Термин CPS предложен для изучения комплексов, состоящих из различных природных объектов, искусственных систем и контроллеров, которые объединены в единое целое и включают в себя: встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, автоматизированные системы управления техническими процессами и объектами, беспроводные сенсорные сети.

Такие комплексы представляют собой автоматизированные системы, более крупные и более сложные, чем существующие. Для их исследования и разработки балы предложена теория, сочетающая два типа моделей: 1) традиционные инженерные модели (механические, строительные, электрические, биологические, химические и т. д.); 2) компьютерные модели.

Поэтому в исходном виде к*иберфизическая система* определяется как *«организационно-техническая концепция управления информационными потоками, интеграция вычислительных ресурсов в физические процессы производства»* [5].

В то же время во многих трактовках (напр., [6 – 9] и др.) CPS представляются не как концепция, а как некоторые реально существующие системы, состоящие из различных природных и искусственно созданных объектов, образующих в результате их взаимодействия единое целое/

Это объясняется диалектикой субъективного и объективного в таких общенаучных понятиях, как «система», Такое понятие может означать и философско-методологическое отображение желаемого, и реализованный объект. На заре развития теории систем, когда были бурные дискуссии по поводу «материальна или нематериальна система?», известный философ В.Г. Афанасьев прекратил эти дискуссии, объяснив их причину так: «*...объективно существующие системы – и понятие системы*; *понятие системы*, *используемое как инструмент познания системы, – и снова реальная система, знания о которой обогащены нашими системными представлениями – такова диалектика объективного и субъективного в системе*» [10].

Киберфизическая система для производственного предприятия может включать следующий комплекс технологий:

CPS=<CAD/CAE, PR, PLM, CV, 3D, AR, VR, ABD, IoT, CRM, M2M...>(2)

где CAD/CAE – системы автоматизированного проектирования»;

PR – промышленные роботы; и компоненты, координирующие их взаимодействие;

CV – системы компьютерного зрения (обработка изображений, машинное зрение, визуализация и т. п.);

3D – 3D-печать для создания прототипов и изготовления опытных образцов; 3D моделирование;

AR (augmented reality) – технологии дополненной реальности для создания визуальных «инструкций-подсказок» на рабочих местах;

VR (virtual reality) – технологии виртуальной реальности для создания физических моделей, для рекламы, продвижения продаж продукции,

ABD – технологии анализа «больших данных» (Big Data) для поддержки принятия решений в режиме on-line;

IIoT (Industrial Internet of Things) – промышленный интернет вещей;

CRM – автоматизированная система управления взаимоотношениями с клиентами («поставщик – клиент») и ее интеграции в единый контур управления сквозными бизнес-процессами и обмена данными,

M2M – совокупность технологий, которые позволяют машинам обмениваться информацией друг с другом, или же передавать её в одностороннем порядке; это могут быть проводные и беспроводные системы мониторинга датчиков или каких-либо параметров устройств (температура, уровень запасов, местоположение и т. д.).

3. Принципы преобразования систем типа PDM/PLM на основе концепции киберфизической системы

При принятии решения о необходимости внедрения инновационных технологий и преобразования информационной системы типа PLM в систему с идеологией CPS следует исходить из особенностей конкретного производства, видов продукции, выпускаемой предприятием, потребности в ее оперативном обновлении.

Для моделирования CPS существуют методы и средства проектирования информационно-управляющих систем, основанные на различных способах формирования графов.

Для моделирования производственных процессов наиболее распространенными методами являются в настоящее время методы, развиваемые в теории объектно-ориентированного моделирование на основе формирования гибридных или сложных динамических систем, представляющих собой иерархические, событийно-управляемые системы переменной структуры.

Модель гибридного автомата в формализовано в варианте можно представить следующим образом [11, 12]:

$$H=\{t, G, V, C, P, A, F\},$$

где $G=\{S, s0, E\}$ — ориентированный граф, вершины которого сопоставлены элементам множества дискретных состояний автомата $S=\{si \mid i=1\ldots m\}$, а дуги — возможным переходам автомата из одного состояния в другое $E: S\rightarrow S$. Одно из состояний so является начальным; *tTR* — независимая переменная, определяющая значение непрерывного времени;

$V=\{Vc, Vd\}$ — множество переменных, в том числе:
$Vc=\{viR \mid i=1\ldots nc\}$ — множество непрерывных переменных;
$Vd=\{viRZB \mid i=1\ldots nd\}$ — множество дискретных переменных;
$B=\{false, true\}$ — множество логических значений;

$C=\{ci : (t, V)\rightarrow Vc \mid i=1\ldots kc\}$ — множество непрерывных отображений;

$P=\{pi(t, V)B \mid i=1\ldots kp\}$ — множество логических предикатов;

$A=\{ci : (t, V)\rightarrow V \mid t=1\ldots ka\}$ — множество мгновенных действий;

$F=\{Fc, Fp, Fa\}$, где $Fc: C\rightarrow S$ — отображение, сопоставляющее множество непрерывных отображений множеству состояний (вершин графа), $Fp: P\rightarrow E$ отображение, сопоставляющее множество предикатов множеству переходов (дуг графа), $Fa: A\rightarrow E$ — отображение, сопоставляющее множество мгновенных действий множеству переходов (дуг графа).

Основой идеи гибридных автоматов является метод кусочно-линейной аппроксимации, возникший при применении необходимых условий оптимальности управления – принципа максимума Л.С. Понтрягина еще в 1960-70-е гг. и развивавшийся как метод цифровой кусочно-линейной аппроксимации [13, 14 и др.].

Для исследования организационного управления применяют модели и автоматизированные процедуры, основанные на применении процессного или функционально-технологического подхода.

Функционально-технологический подход основан на структуризации во времени, на представлении процессов управленческих решений в форме графов типа организационно-технологических процедур подготовки и реализации управленческих решений. Подход обеспечивает возможность достаточно полно учесть особенности конкретного предприятия (организации), отличается гибкостью и универсальностью. Вместе с тем, он характеризуется высокой трудоемкостью, использованием стабильной номенклатуры сложившихся функций управления, подчинением оргструктуры схеме документооборота.

Идею применения графического представления и анализа информационных потоков (функционально-технологический подход) при проектировании информационных систем начинали применять в 1970-е гг. (напр., [15]. Однако в силу трудоемкости подход не нашел тогда широкого применения.

В 1990-е годы была разработана методология SADT – (Structured Analysis and Design – структурный анализ и проектирование (предложена ***Дугласом Россом***[16]), представляющая собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. Компьютерная реализация методологии SADT получила название IDEF (Icam Definition). Основными структурными моделями являются модели процессов IDEF0 и IDEF3, модель данных IDEF1X [17]. Созданы стандарты IDEF и DFD, ориентированные на анализ процессов (в том числе бизнес-процессов), что позволило создать теорию проектирования экономических информационных систем на основе анализа бизнес-процессов (см., напр., [18, 19]). Для реализации моделей применяются автоматизированные средства – BPWin, ARIS, язык UML

В практике организационного управления крупными промышленными предприятиями применялись графы, называемые организационно-технологическими процедурами. В узлах таких графов могут использоваться различные модели. Например, в оргтехпроцедурах технической и технологической подготовки производства это могут быть принципиальные модели производственных, конструкторские чертежи, технологической, модели графического представления алгоритмов реализации технологического процесса, технологические карты. Виды этих моделей зависят от особенностей конкретных производств.

Для корректировки организационной структуры предприятия модели определяются общей методикой (алгоритмом) корректировки оргструктуры, в которой должны быть предусмотрены этапы формирования структуры целей и функций предприятия, оценки функций, распределения функций по подразделениям оргструктуры (исполнителям). Для выполнения этих этапов применяются методики структуризации целей и функций, методы организации сложных экспертиз, для реализации которых разрабатывают соответствующие автоматизированные процедуры (напр., [19]).

Аналогичные графические модели могут формироваться для решения задачи выбора инновационных технологий с учетом их полезности для реализации целей и функций технологических и организационных процессов предприятия.

Пример графа для развития автоматизированной системы управления предприятием приведен на рис. 2.

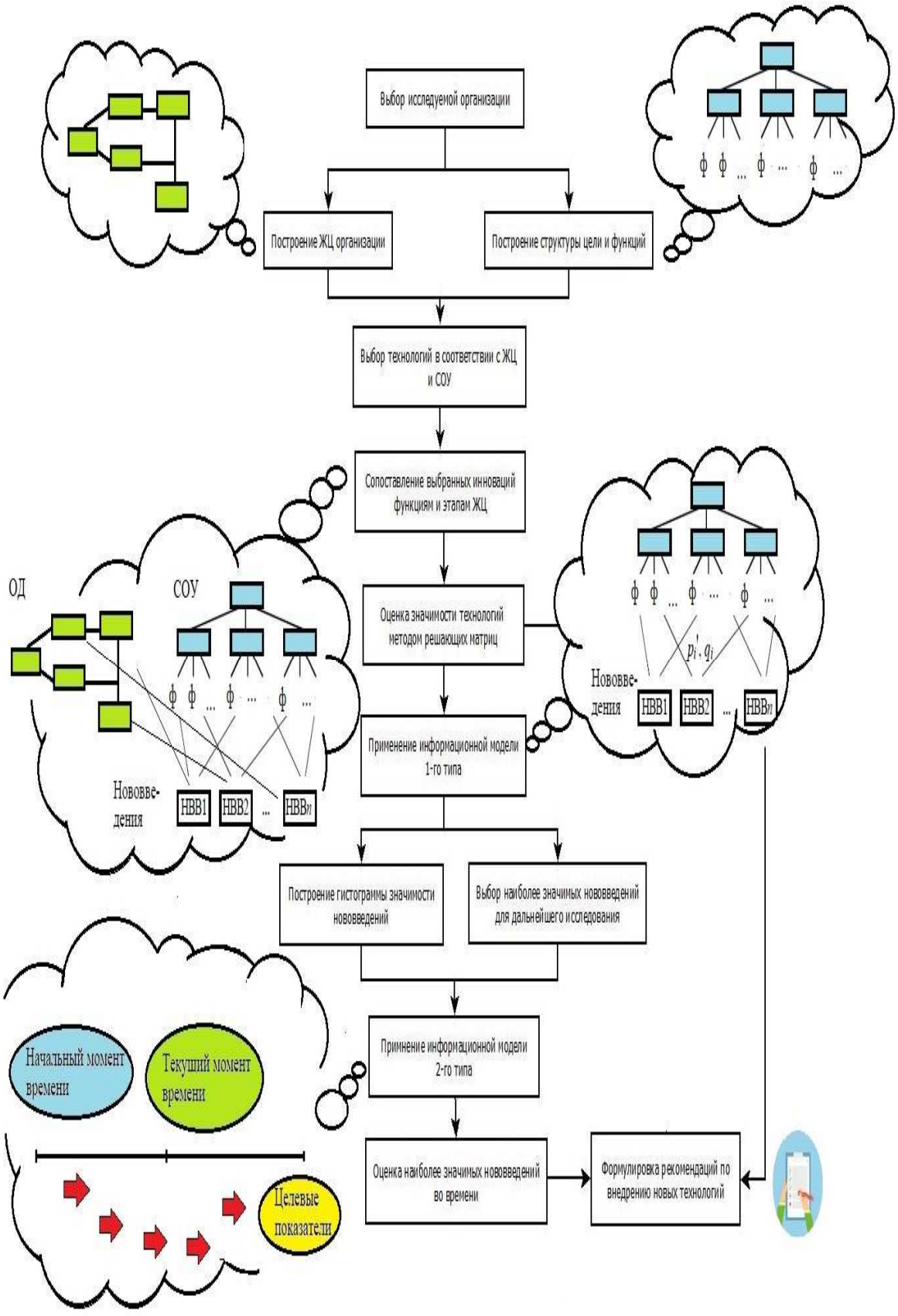


Рис. 2. Алгоритм выбора новых технологий

При выполнении этапов этой модели (узлов графа) могут применяться различные модели.

Например, для анализа производственных процессов – модели «жизненного цикла» (ЖЦ) производства продукции. При моделировании организационного управления – модели структуризации целей и функций предприятия.

Для предварительного отбора новых производственных и информационных технологий – нововведений (НВВ) применяют системно-целевой подход [20–22 и др.] и модели сопоставления структур с НВВ (пример сопоставления основных функций PDM/PLM и инновационных технологий приведен на рис. 2). Для реализации подобного процесса сопоставления разработаны автоматизированные диалоговые процедуры, в которых эксперту на экран выводятся пары «функция технологического или организационного процесса – инновационная технология» с просьбой дать ответ «да – нет» или более дифференцированный (например – степень полезности технологии для реализацию соответствующей функции, и затем осуществляют инвертирование полученной структуры относительно технологий и получают косвенные количественные оценки технологий, т.е. число функций, для развития автоматизации которых может использоваться соответствующая технология,

Для разработки моделей выбора НВВ – метод решающих матриц Г.С. Поспелова, информационные оценки, предлагаемые на основе информационного подхода А.А. Денисова степень влияния НВВ на достижение целей или выполнение соответствующей функции, q_i – вероятность реализации и использования оцениваемой инновационной технологии. На основе информационного подхода А.А. Денисова [23] разработаны и другие модели, позволяющие исследовать развитие оцениваемой технологии во времени, взаимное влияние технологий друг на друга [24, 25]. В частности, принципиально новым в концепции CPS является тот факт, что должны обеспечиваться тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. При этом важно оперативно реагировать на возникающие киберфизические эффекты, такие как взаимовлияния физических процессов и вычислительных процессов друг на друга. Компьютеры осуществляют мониторинг и управление физическими процессами с использованием обратных связей, с помощью которых происходящее в физических системах оказывает влияние на вычисления и наоборот.

Поэтому полезно применять модели, учитывающие взаимное влияние технологий друг на друга, Такие модели могут быть разработаны на основе метода парных сравнений Т. Саати [26], на основе информационного подхода А.А. Депнисова [23].

Рис. 3. Сопоставление функций PDM/PLM и инновационных технологий

Для реализации таких моделей разрабатывают автоматизированные диалоговые процедуры структуризации и анализа целей и функций, организации сложных экспертиз (напр., [25, 27].

Графические модели для исследования процессов организационного управления – оргтехпроцедуры, алгоритм выбора инновационных технологий, корректировки оргструктуры, пример которого приведен на рис. 2, можно считать некоторыми аналогиями гибридных моделей.

Заключение

Применение эмерджентных технологий позволяет получить новое качество производственных процессов и расширить возможности управления всем жизненным циклом деятельности предприятия, расширить возможности PLM-систем.

Автоматизация информационного обеспечения всех этапов жизненного цикла производства и организационного управления выпуском продукции дает возможность предприятию комплексно уменьшать издержки производства, объединить все сложные процессы. Поэтому использование PLM-систем могут отслеживать каждый экземпляр или выпущенный продукт, учесть разнообразные требования.

Развитие интеллектуальных технологий приведет к тому, что все больше функций, которые раньше мог выполнять только человек, будет передаваться системам искусственного интеллекта. Однако при этом могут возникнуть непредсказуемые последствия, в числе которых могут быть как положительные, так и отрицательно влияющие на развитие предприятия, или даже опасные. К. Шваб [28, 29] прогнозирует, что технологии открывают новые возможности, но в то же время предсказывает и обратное влияние внедрения технологий, особенно в условиях их объединения и появления эмерджентного эффекта.

Прогнозируется, что новые технологии для CPS, которые становятся все более и более фантастическими, системы автоматического межмашинного обмена (M2M) для каждого с каждым, создадут единое информационное пространство. На предприятии практически одновременно осуществляется информационная поддержка всех компонентов системы, что может привести к непрерывной трансформации структур и к непредсказуемым последствиям, которые могут как положительно, так и отрицательно повлиять на развитие предприятия. Поэтому при работе над проектами по модернизации систем автоматизации производства важно проверять функциональную совместимость (т.е. контролировать интероперабельность) автоматизированного оборудования и программного обеспечения новых технологий.

Поэтому необходимо совершенствовать управление устойчивым развитием предприятия, постоянно контролировать состояние сохране-

ния его устойчивого функционирования, разрабатывая соответствующие модели (напр., [30, 31]). И в этом большую роль играет концепция PLM, которую необходимо сохранять при преобразовании PLM-систем в киберфизическую на основе введения в нее все более интеллектуальных технологий. Иными словами, развитие PLM-системы в киберфизическую следует проводить под контролем идеологов концепции PLM и администраторов интегрированной информационной системы, обеспечивающей управление всеми процессами деятельности предприятия.

Список литературы

1.Берталанфи Л. фон. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.

2.Информационные системы в экономике: учебник /. Под ред. В.Н. Волковой и В.Н. Юрьева. М.: Изд-во «Юрайт», 2016. – 402 с.

3.Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем: учеюник и практикум. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 432 с.

4.Черняк Л. Платформа Интернета вещей. *Открытые системы. СУБД, №7, 2012*. Открытые системы (26 сентября 2012). Проверено 30 ноября 2012. Архивировано 24 января 2013 года.

5.Киберфизическая система https://ru.wikipedia.org

6.Lee EA. and Seshia S.A. Introduction to Embedded Systems. A Cyber-Physical Systems Approach, LeeSeshia.org, 2011.

7.Colombo A., Bangemann T. Industrial Cloud-based Cyber-physical Systems: The IMC-AESOP Approach. Cham Springer International Publishing, 2014. 45 p.

8.Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Синягов С.А. Киберфизические системы как основа цифровой экономики // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 2, 2016. С. 18–25.

9.Добрынин А.П. и др. Цифровая экономика - различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и др.) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. №. 1. С. 4–11.

10. Вопросы философии. 1980. № 6. С. 62–78.

11. Колесов Ю. Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем. СПб.: Изд. СПбГПУ, 2004. 239 с.

12. Онтологический подход к организации взаимодействия сервисов интеллектуального пространства при управлении гибридными системами / А.В. Смирнов, А.М. Кашевник, А.В. Пономарев, С.В. Савосин // Искусственныйинтеллект и принятие решений. №4. 2014. С. 42-51.

13. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов, Государственное издательство физико-математической литературы. М.: Наука, 1962.

14. Савельев А.Я. Прикладная теория цифровых автоматов. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1987. 272 с.

15. Волкова В.Н. К методике проектирования автоматизированных информационных систем // Автоматическое управление и вычислительная техника. Вып. 11. М. : Машиностроение, 1975. С. 289—300.

16. Ross D. Applications and extension of SADT // IEEE. Computer. – April, 1995.

17. Черемных С.В. Структурный анализ систем: IDEF-технологии / С. В. Черемных, И. О. Семенов, В.С. Ручкин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с.

18. Смирнова Г.Н. Проектирование экономических информационных систем: учебник / Г.Н. Смирнова, А.А. Сорокин, Ю.Ф. Тельнов / Под ред. Ю. Ф. Тельнова.– М.: Финансы и статистика, 2005. 512 с.

19. Тельнов Ю. Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов / Ю. Ф. Тельнов. – М.: Финансы и статистика, 2004. 320 с.

20. Подход к сравнительному анализу и выбору технологических инноваций третьей и четвертой промышленных революций / В.Н. Волкова, А.В. Логинова, А.Е. Леонова, Ю.Ю. Черный // XXI Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018). Сборник докладов в 2-х томах. Санкт-Петербург. 23–25 мая 2018 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 373-376.

21. Волкова В.Н., Кудрявцева А.С. Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия // Открытое образование. 2018; 22(4): 64-73. https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-4-64-73.

22. Кудрявцева А.С. Модели для управления деятельностью промышленного предприятия при внедрении технологических инноваций // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды Междунар. научно-практической конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2018. С. 389–398.

23. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 304 с.

24. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Изд-во Юрайт, 2015. – 462 с.

25. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов [и др.] / под ред. В. Н. Волковой и В. Н. Козлова. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 449 с. – Серия: Бакалавр. яакадемический курс.

26. Моделирование систем и процессов. Практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата / под ред. В.Н. Волковаой. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 295 с. – Серия: Бакалавр. яакадемический курс.

27. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование: Организация систем. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.

28. Шваб К. Четвертая промышленная революция: перевод с англ. М.: Изд-во «Э», 2017. 208 с.

29. Шваб К., Дэвис Т. Технологии четвертой промышленной революции. М.: Изд-во «Э», 2018. 320 р.

30. Problems of Sustainable Development of Socio-Economic Systems in the Implementation of Innovations / V.N. Volkova, A.V. Loginova, L.V. Chernenkaja, E.V. Romanova, Y.Y. Chernyy, . V.E. Lankin // Proceedings of the 3rd International Conference on Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, Ergo 2018 3. 2018. С. 53-56.

31. *Волкова В.Н., Ланкин В.Е.* Проблема устойчивости социально-экономической системы в условиях внедрения инноваций четвертой промышленной революции // Научно-практический журнал «Экономика и управление: проблемы и решения. 6, т. 7 (77). 2018, май. С. 25–29.

УДК 65.012

Брусакова Ирина Александровна,
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой

ЦИФРОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОЯЗЫЧНЫМ КОНТЕНТОМ

Россия. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,
brusakovai@mail.ru

Аннотация: в статье представлены особенности использования цифровых коммуникаций для управления многоязычным контентом в условиях обеспечения их аутентичности. В статье цифровые коммуникации предполагается встраивать в цепочки «добавления ценности» бизнес-процессов цифрового предприятия. Приведены основные термины в области цифровых коммуникаций.

Ключевые слова: цифровые коммуникации, многоязычный контент, информационный бизнес.

Irina A. Brusakova,
Doct.of techn. Sciences, Prof., Head of Department

DIGITAL COMMUNICATIONS FOR MANAGEMENT OF MULTILINGUAL CONTENT

Saint Petersburg. Saint Petersburg State Electro-Technical University "LETI
brusakovai@mail.ru

Abstract. Features of use of digital communications for management of multilingual content in the conditions of ensuring their authenticity are presented in article. In article digital communications it is supposed to build in "additions of value" of business processes of the digital enterprise chains. The main terms in the field of digital communications are provided.

Keywords: digital communications, multilingual content, information business.

Придумывать виртуальные миры, такие как миры Толкиена и Гарри Поттера, миры Рея Бредбери и Уилки Коллинза в 21 веке стало проще – появилась «всемирная паутина», в которой можно увязнуть в виртуальных беседах-чатах, поститься в блогах, получать дистанционно образовательные услуги (виртуальный университет «Интуит»), общаться в реальном времени (Skype), просматривать новости и фильмы (you-tube), продвигать собственную продукцию (Виртуальный магазин), совершать денежные сделки (электронная коммерция, e-business), даже торговать на финансовой бирже (оболочки Metastock), т.е. становиться участником Интернет-коммуникаций. Использование цифровых коммуникаций для выстраивания цепочек «приращения ценности», в том числе и с зарубежными партнерами, задача сложная. Если требуется связаться с ино-

странным партнером, продать товар иностранному гражданину, приобрести образовательные услуги иностранного университета, поучиться иностранному языку дистанционно, человек уже становится участником иноязычной коммуникации. В этом случае особенно важно обеспечить аутентичность иноязычной коммуникации. И мы знаем, что нет такого программного средства, которое бы сразу обеспечило достоверность перевода. Требуется «обучить» это средство особенностям иностранного языка, использовать подходящую лексику, семантику, синтаксическое содержание. Требуется интегрировать это инструментальное средство в современную инфокоммуникационную инфраструктуру (ИКТ-инфраструктуру) предприятия.

Ранее определялось, что информационный бизнес - организация бизнеса по распространению продукции индустрии информатики в Интернет-пространстве [1]. Однако общество «Индустрии 4.0» под информационным бизнесом понимает управление любыми бизнес-процессами в Интернет-пространстве. Конечно, это управление должно приносить прибыль. Формирование удобной иноязычной коммуникации для продвижения цифровых контентов и для использования обучающих сред – одна из современных проблем индустриального общества. Цифровой контент рассматривается как взаимосвязанная совокупность высказываний для поискового запроса, интегрированная посредством современных инфокоммуникационных технологий в мировое информационное пространство – Интернет. Мировая экономика, современное общество развиваются в условиях новых информационных технологий – Big Data-технологий, Fog-технологий, Grid, SMART – технологий, технологий Интернета вещей. Требуется быстро обеспечить предоставление электронных государственных услуг – появилась концепция «Электронное правительство». Требуется быстро найти информацию об организации, фирме, представительстве, заказать электронный билет на поезд, самолет, в театр. Интернет-ресурсы позволяют эффективно обеспечить управление всеми этими процессами. Ни у кого уже не вызывает удивления организация в виде, например, «офиса в облаках», или использование современной мобильной связи с использованием 5G-технологий. Современное общество стремительно вовлекается в коммуникации. Наличие большого количества пользователей в социальных сетях, организация конференций, обсуждений, обучения посредством блогов, wiki, skype, moodle, hotpotatoes неизбежно приводит к ситуации использования Интернет-пространства как иноязычной коммуникации. При внедрении цифровых иноязычных коммуникаций проблемой является выбор необходимых инструментальных средств для аутентичности перевода.

В настоящее время требуются усилия ИТ-компаний, которые занимаются, например, продвижением цифрового контента. К основным задачам таких компаний относятся:

- повышение узнаваемости компании и лояльности потенциальных клиентов с помощью распространения интересного и полезного контента. Примеры спецпроектов, успешные кейсы по размещению нативной рекламы и работе с лидерами мнений.
- организация рекламы в видео-блоках, что позволяет мотивировать потенциальных клиентов на покупку услуг, т.к. повышается доверие к качеству услуг;
- маркетинг услуг осуществляется посредством от бесплатных размещений видио в обзорах блоггеров до организации собственных ютуьюб-инкубаторов;
- привлечение международных социальных медиа на сайт конкретного бренда.

Например, компания Datawords «специализируется на оптимизации и реализации многоязычных цифровых кампаний. Они адаптируют контент для каждой страны его публикации с учетом международного имиджа бренда» [2].

Задачами таких компаний являются:

1. Координация местных рынков.
2. Мультикультурные услуги и консультации.
3. Формирование многоязычных цифровых решений для различных компаний.
4. Формирование цифровых услуг для создания межкультурной коммуникации.

Признаками межкультурной коммуникации могут служить следующий функционал:

- запуск сайта во многих странах мираодновременно;
- синхронизация работы территориально распределенных компаний;
- разработка международных сайтов интернет-торговли;
- масштабированность сайтов под различные поисковые системы, в том числе и на рынке Китая;
- модернизация социальных сетей на более чем 10 различных языков.

Для обеспечения продвижения цифрового контента в многоязычной среде применяются многоязычные технологии и многоязычные проекты.

Так, при развертывании многоязычного сайта могут возникнуть различные техническиме трудности: различные форматы файлов, конекторы TMS, автоматизированныме системы перевода, выбор местных параметров, инфраструктурой сервера, информационными потоками, адаптивным дизайном, обработкой видео.

Количество участников Интернет-коммуникаций стремительно растет. Так, если в 2005 году количество пользователей Интернетом составляло приблизительно миллиард человек, то к 2040 году количество пользователей приблизится к трем миллиардам. Интернет как сложная социотехническая система (экосистема) образует особое коммуникативное пространство, в котором содержится примерно 224 000 000 страниц различных сведений, в котором можно делать бизнес, торговать и выстраивать речевые практики, способы и форматы коммуникаций – превращаться в общество «*Signum Temporis»- «Знамением нашего времени»* [3].

В 21 веке используется термин «электронное письмо» как средство обслуживания определенной коммуникативной среды [4 -7]. Появились термины e-language, e-talk, netspeak, weblish, которые связывают с понятием компьютерно-опосредованной коммуникации, Computer-mediated Communication (CMC)), CMC-коммуникации. [7].

Приведем в таблице основные термины в области цифровых коммуникаций.

Таблица 1.

Основные термины и понятия в области цифровых коммуникаций

Термин	Определение, источник определения
Интернет	Глобальная среда общения, коммуникативное пространство
Компьютерная коммуникация Computer-mediated Communication (CMC));	Установленная компьютером коммуникация (CMC) определена как любое человеческое общение, которое происходит с помощью двух или больше электронных устройств. Computer-mediated communication. James Simpson,Oxford Journal(https://watermark.silverchair.com/560414.pdf)
Компьютерная Коммуникация с помощью текстов, функционирующих в сети Компьютерно-опосредованная коммуникация Computer-Mediated Discourse (CMD)) ;	Установленная компьютером беседа (CMD) охватывает все виды межличностного общения, выполненного в Интернете, например, по электронной почте, мгновенном обмене сообщениями, веб-форумах и каналах беседы S.C. Herring odur.let.rug.nl/redeker/herring.pdf
Компьютерный разговор Computer-Mediated Conversation) (CMCs).	Социо-психолингвистический анализ речи, зависит от формата коммуникации – чат, форум, почта, блог, скайп и т.д.
Компьютерная синхронная и асинхронная текстовая коммуникация (CMCS и ACMC)	Синхронные – это средства коммуникаций, позволяющие обмениваться информацией в реальном времени. Например, Skype и Yahoo Messenger: http://messenger.yahoo.com/ http://skype.com/. Асинхронные – средства коммуникаций, позволяющие передавать и получать данные в удобное время для каждого участника процесса, независимо друг от друга. Например, электронная почта, вики, блоги, сайты.

Продолжение табл. 1

Термин	Определение, источник определения
Коммуникации при социоэкономическом дискурсе - виртуализация, цифровизация дискурса, цифровая экономика	Сетевая организация труда и сетевое общество как обществе нового типа, в котором цифровые технологии формируют новые принципы управления государством.
Коммуникативная компетенция	Термин введен Д. Хаймсом в 1972 году как способность выбора правильных грамматических средств в различных коммуникативных ситуациях. Продолжено изучение в трудах М. Кэнела и М. Свейна в контексте изучения иностранного языка. Были предложены три составляющие иноязычной коммуникативной компетенции: стратегическая, грамматическая, социолингивистическая. Продолжено в концепции Common European Framework of Reference for Languages (2002) и использовалась при разработке общеевропейской шкалы уровней владения иностранным языком
Профессионально направленная иноязычная коммуникативная компетенция	Совокупность лингвистических, речевых, социолингвистических, социокультурных знаний, коммуникативно-прагматических умений профессионально ориентированного общения и культуры взаимодействия в различных сферах и ситуациях, а также личностных качеств: коммуникабельности, ответственности, тактичности, толерантности, рефлексии, идентификации, аттракции, каузальной атрибуции, обязательности.
Коммуникация	Сложный, строящийся по определенной модели, многоэтапный процесс взаимодействия между людьми, заключающийся в обмене информацией, а также в восприятии и понимании партнерами друг друга. К основным элементам коммуникации относятся: 1. Отправитель (коммуникатор, адресант, говорящий) — лицо, генерирующее идеи или собирающее информацию и передающее ее. 2. Сообщение (содержание), собственно информация, закодированная с помощью символов. 3. Канал, средство передачи информации. 4. Получатель (коммуникант, адресат, слушающий) — лицо, которому предназначена информация и которое декодирует ее. 5. Эффект (воздействие) коммуникации [6].
Эффективная коммуникация	коммуникация, при которой отправитель сообщения использует адекватные средства кодирования и передачи своей идеи, а получатель демонстрирует понимание идеи, сохраняя коммуникативное равновесие. Эффективная коммуникация предполагает адекватность передаваемой информации, адекватное кодирование идеи, использование подходящего канала передачи информации, адекватное декодирование сообщения получателем [6].

Окончание тбл. 1

Термин	Определение, источник определения
Иноязычная коммуникация	коммуникация, осуществляемая посредством иностранного языка как инструмента познания мировой культуры, нацеленная на становление личности обучающегося, то есть его развитие, воспитание, учение. Такая коммуникация возможна только с учетом сформированности иноязычной компетенции, которая развивается на протяжении всего обучения человека, как в школе, так и в последующих образовательных учреждениях. Базисные навыки и умения владения иностранным языком, базисное представление о социокультурной картине мира учащийся получает в школе.
Международный комьюнити-менеджмент	Успешное проведение кампаний и мероприятий в социальных медиа требует индивидуального подхода: выбор и конфигурация интернет-инструментов, установление границ ответственности, разработка процедуры утверждения филиалами, планирование с учетом разницы во времени, определение параметров модерации и т. д.
Многоязычный контент с учетом разницы во времени, специальные системы управления социальными медиа	Engagor, Hootsuite, Adobe Marketing Cloud, SocialBakers, Lithium
Аутентичность.	authentic (adj) -Согласно англоязычному языковеду A. S. Hornby, authentic (adj) − known to be true or genuine [Hornby 1995]. В.К. Мюллер [Мюллер 2000] переводит authentic (прилаг.) как «подлинный, достовер ный, аутентичный». Аутентичным традиционно принято считать текст, который не был изначально пред- назначен для использования в учебном процессе [Поляков 2003: 94], то есть в идеале это должен быть взя тый из жизни текст, характерный для изучаемого языка и реалий повседневной действительности.

Цифровые коммуникации позволяют реализовать идеологию непрерывного улучшения бизнес-процесса управления деятельностью цифрового предприятия с помощью выстраивания коммуникаций с использованием современных когнитивных технологий: «исходная информация – ИТ-инфраструктура цифрового предприятия – внешняя среда – технологии Интернета вещей – облачные сервисы, технологии Интернета людей – социальные сети + многоязычный контент + потребитель продукции».

Список литературы

1. Фомин В.И. Информационный бизнес: учебн. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГИЭУ «Инжэкон», 2011.
2. https://ru.datawords.com.
3. Теоретическая инноватика: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. И.А. Брусаковой. – М.: Изд-во Юрайт, 2017. – 333 с.

4. Атабекова А.А. Сопоставительный анализ языкового оформления англо - и русскоязычных веб-страниц. Дис. ... д-ра филол. наук : 10.02.20 : Москва, 2004 356 с. РГБ ОД, 71:05-10/10 - 2003.
5. Burnett R., Marshall D. Web Theory: An Introduction, London-New York: Routledge, 2003.
6. Белинская Е.П. Интернет и идентификационные структуры личности. – 2001. – Интернет-публикация: http://psynet.carfax.ru/texts/bel4.htm
7. Collot M., Belmore, N., Electronic Language: A New Varity of English // Communication: Linguistic, Social and Cross-Cultural Perspective. - Amsterdam: John Benjamins Publishing, 1996.
8. Crystal D., Language and the Internet. – Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
9. Crystal D., The Language Revolution. – Cambridge: Poliy Press, 2004.
10. Danet, B., Text as Mask: Gender and Identity on the Internet. Paper presented at the conference, Masquerade and Gendered Identity, Venice, Italy. – 1996. – Available on: http://atar.mscc.huji.ac.il/~msdanet/mask.html.
11. Danet B., Herring S. *The Multilingual Internet: Language, Culture, and Communication Online* (Eds.) - New York: Oxford University Press, 2007.

УДК 004.9

Десятирикова Елена Николаевна,
профессор, д-р техн. наук, профессор,
Ходар Алмосана,
аспирант,
Алкади Усама,
аспирант

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Россия, г. Воронеж, Воронежский государственный технический университет
Science2000@ya.ru

Аннотация. Данная работа посвящена применению методов интеллектуального анализа данных для получения знаний из больших баз данных систем онлайн резервирования ресурсов, таких как авиаперевозки, почта, гостиницы, больницы и многие другие. Полученные знания использованы для прогнозирования поведения заказчика и оптимизации планирования ресурсов через усовершенствование управления овербукингом.

Ключевые слова: нейронные сети, интеллектуальный анализ данных, системы бронирования.

Elena N. Desyatirikova,
Professor, Doctor of Economic Sciences,
Almothana Khodar,
PhD student,
Osama Alkaadi,
PhD student

BIG DATA TECHNOLOGIES IN THE DIGITAL ECONOMY

Russia, Voronezh, Voronezh State University
Science2000@ya.ru

Abstract. This paper is devoted to the application of data mining techniques to obtain knowledge from large databases of online resource reservation systems such as air travel, post office, hotels, hospitals and many others. The knowledge gained is used to predict customer behavior and optimize resource planning through improved overbooking management.

Keywords: neural networks, Data Mining, overbooking.

Данная работа посвящена применению методов интеллектуального анализа данных для получения знаний из больших баз данных систем онлайн резервирования ресурсов, таких как авиаперевозки, почта, гостиницы, больницы и многие другие. Полученные знания использованы для прогнозирования поведения заказчика и оптимизации планирования ресурсов через усовершенствование управления овербукингом. Овербукинг является обычным приёмом, например, в туристическом или отельном бизнесе, где отказ потребителя от заказанных ранее услуг является вполне ожидаемым. В англо-язычной терминологии такие ситуации обозначаются термином «no-show».

В данной статье рассматриваются методы предсказания вероятностей no-show на основе интеллектуального анализа данных [1], включая деревья принятия решений, регрессионные модели и нейронные сети. Работа нацелена на сбор данных из различных источников, представляющих записи из множества полей, к которым можно будет применить метод анализа и редукции, основанный на дереве принятия решений (Decision Tree method). Целью является обнаружение отношений между данными и выделение паттернов. Это позволит выделить только те переменные, которые, как ожидается, имеют наибольшее влияние на конструируемую модель. Анализ на основе дерева принятия решений всегда будет давать результат, даже при наличии очень слабых отношений между входными и выходными переменными.

В случае слабых отношений или недостаточного количества данных может оказаться полезным построение случайного дополнения. В данном исследовании используется метод CHAID, предложенный в [2], как вариант метода дерева принятия решений. Модель Logit [3], являющаяся линейной регрессионной моделью, также хорошо подходит для оценки условных вероятностей.

Отметим, что построенная модель должна будет адаптироваться на следующих стадиях оценки и проверки. В связи с этим, привлекает вни-

мание моделирование на основе нейронных сетей, которое в приложения для интеллектуального анализа данных пришло из области машинного обучения (machine learning). В данной работе используются нейронные сети обратного распространения (BPNN) и общие регрессионные нейронные сети (GRNN) [4] для построения модели прогнозирования отказов заказчиков и улучшения прогнозов для снижения финансовых потерь.

Перспективным является использование специализированного программного обеспечения RapidMiner [5]. В программе RapidMiner все операторы получают определённые данные на входе, после чего происходят соответствующие действия над этими данными, и на выходе оператор выдаёт некоторый результат. Таким образом, в отношении операторов всегда интересны три вещи: входные данные, производящиеся над ними действия, выходные данные.

Действия, производящиеся над входными данными, у каждого алгоритма различаются, а вот то, что алгоритм получает и выдаёт на выходе можно обобщить. Строим модель и добавляем блоки линейной регрессии и нейронных сетей, после чего получаем численные значения параметров (см. рис.1) [6].

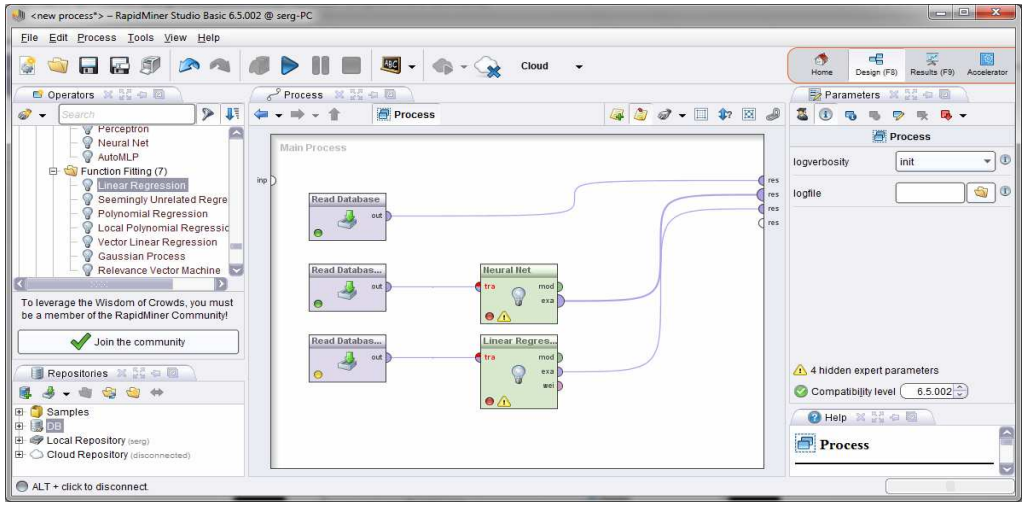


Рис. 1. Построение модели линейной регрессии и нейронных сетей

Результаты оценки риска овербукинга для одинакового массива данных отображают следующие значения:

- Методом взвешенного среднего прогнозируемое значение P = 0,883
- Методом нейронных сетей прогнозируемое значение равно P = 0,886
- Методом регрессионного анализа прогнозируемое значение P = 0,845

Высокую скорость вычисления при одинаковых аппаратных и программных исходных условий показал метод взвешенного среднего, а самую низкую - метод нейронных сетей. На рисунках 2 и 3 представлена

обработка массива значений с помощью линейной регрессии и нейронной сети.

В данной работе используются искусственные нейронные сети, а именно - нейронные сети обратного распространения (BPN) и общие регрессионные нейронные сети (GRNN) для построения модели прогнозирования и улучшения прогнозов для снижения финансовых потерь.

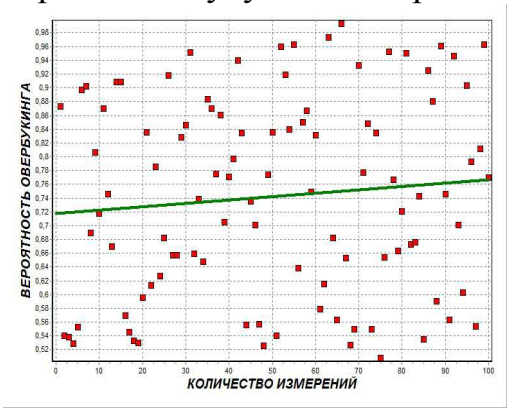


Рис. 2. Результаты регрессивного анализа массива

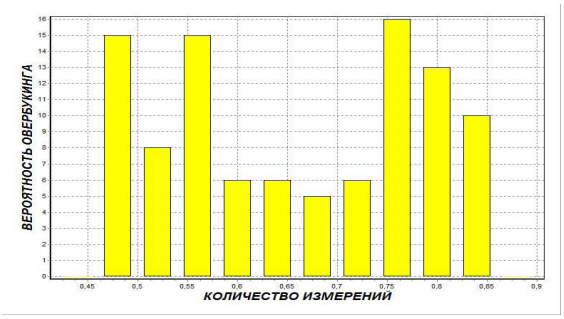


Рис. 3. Результаты анализа массива

Самый известный вариант алгоритма обучения нейронной сети - так называемый а**лгоритм обратного распространения (BPN)**. В алгоритме обратного распространения вычисляется вектор градиента поверхности ошибок. Этот вектор указывает направление кратчайшего спуска по поверхности из данной точки, поэтому если мы "немного" продвинемся по нему, ошибка уменьшится. Последовательность таких шагов в конце концов приведет к минимуму того или иного типа. Определенную трудность здесь представляет вопрос о том, какую нужно брать длину шагов.

Обобщенно-регрессионная нейронная сеть (GRNN) копирует внутрь себя все обучающие наблюдения и использует их для оценки отклика в произвольной точке. Окончательная выходная оценка сети получается как взвешенное среднее выходов по всем обучающим наблюдениям, где величины весов отражают расстояние от этих наблюдений до той точки, в которой производится оценивание (и, таким образом, более близкие точки вносят больший вклад в оценку). Первый промежуточный слой сети GRNN состоит из радиальных элементов. Второй промежуточный слой содержит элементы, которые помогают оценить взвешенное среднее. Число элементов во втором промежуточном слое на единицу больше, чем в выходном слое. Как правило, в задачах регрессии требуется оценить одно выходное значение, и, соответственно, второй промежуточный слой содержит два элемента.

В данной работе используются данные резервирования для 14000 клиентов, взятые из базы данных сирийской авиалинии. Принимаются

во внимание девять потребительских переменных: день, месяц, год, возраст, пол, образование, семейное положение, история отмены, и последнее число отмены. В этом случае есть 9 нейронов входного слоя и один нейрон в выходном слое (выходные значения равны нулю или одному: 0 означает законченное резервирование, 1 означает отмену).

В работе проанализированы способности прогностической модели, а также идентификация ее возможностей в соответствии с чувствительностью, специфичностью и ROC-кривой. Кривая создается путем построения графика для true positive rate (TPR=TP/P) и false positive rate (FPR=FP/N) для различных точек параметра (см. табл. 1). True-positive rate это sensitivity или recall. False-positive rate или fall-out это (1 – specificity). ROC-кривая это sensitivity в зависимости от fall-out(выпадение).

Таблица 1

Матрица соответствий

	TRUE CLASS	
Predicted class	p (positive)	n (negative)
Yes	**T**rue **P**ositives	**F**alse **P**ositives
No	**F**alse **N**egatives	**T**rue **N**egatives
Total	P	N

ROC-кривая это график, позволяющий оценить качество разделения двух классов. Кроме визуальной составляющей, есть численная характеристика ROC это AUC (area under ROC curve), которая соответствует площади под ROC кривой: чем выше её значение, тем лучше качество разделения (см. рис. 4). Таким образом, кривая является графиком двух значений: соотношения количества правильно и неправильно классифицированных признаков при каком-то выбранном значении.

Исходные данные были разделены на две группы следующим образом: 70% для обучения (Training) и 30% или 4200 наборов данных для проверки точности моделей (Testing)[10]. Результаты для испытаний BPN и GRNN показаны в таблицах 2 и 3.

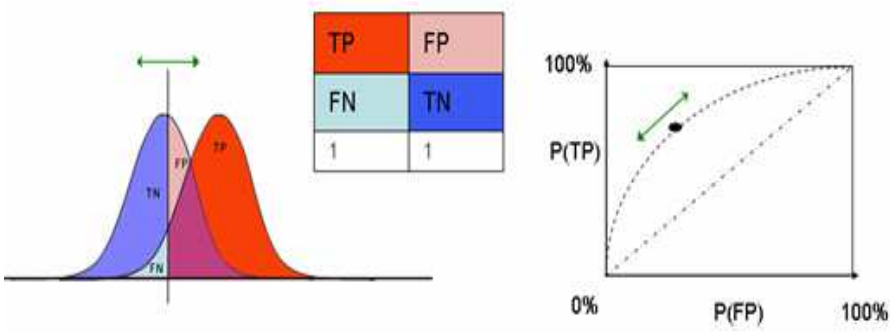


Рис. 4. ROC-кривая

Таблица 2

Результаты теста BPN

	Actual Value 1	Actual Value 0	Total
Prediction Value1	560	880	1440
Prediction Value0	140	2620	2760
Total	700	3500	4200

Таблица 3

Результаты теста GRNN

	Actual Value 1	Actual Value 0	Total
Prediction Value1	610	1070	1680
Prediction Value0	90	2430	2520
Total	700	3500	4200

Чувствительность, Специфичность, и Площадь под ROC кривой приведены в таблице 4 и показывают, что обе модели дают хорошие результаты для классификации.

Таблица 4

Результаты теста для BPN и GRNN

	Sensitivity	Specificity	Square under curve
BPN	80%	75%	80.87%
GRNN	87.5%	69.5%	75.34%

1. Специфичность : BPN > GRNN;
2. Чувствительность : GRNN > BPN ;
3. Площадь под ROC кривой : BPN > GRNN.

Идеальный тест покажет точки в верхнем левом углу с 100% специфичностью и 100% чувствительностью. Данную задачу сеть выполняет очень хорошо. ROC-кривая, показанная на рис. 5, означает, что BPN имеет более точные результаты классификации, чем GRNN.

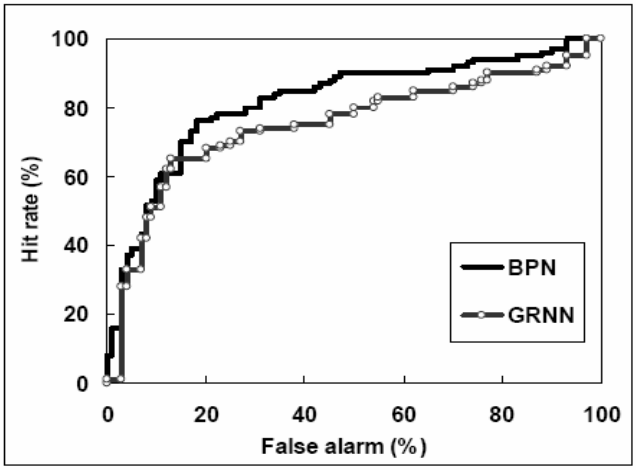


Рис. 5. ROC-кривая для обеих моделей ИНС

Таким образом, интеллектуальный анализ данных может улучшить прогнозирование и точность прогнозирования в овербукинге. Обе рассмотренные модели дают хорошие результаты классификации. Они могут помочь менеджерам при оценке, будут ли клиенты отменять бронирование, а также могут помочь в планировании динамического потенциала службы.

Список литературы

1. Shirley C., Andera S. A Practical Guide to Data Mining for Business and Industry, 1st edition. Pondicherry: Minion, 2014, 303 p.
2. Hilbe M. Practical Guide to Logistic Regression, 1st edition. London : CRC Press, 2015, 174 p.
3. Janakiram S., Shaler S., Conrad L. Airline Yield Management with Overbooking, Cancellations, and No-Shows // *Journal Transportation Science*. Maryland, USA, 1999, Vol. 33, Issue 2, pp. 147-167.
4. Hilbe M. Practical Guide to Logistic Regression, 1st edition. London : CRC Press, 2015, 174 p.
5. RapidMiner. Available at: https://rapidminer.com/. (accessed 7 October 2017).
6. Volkova V. N., Chernenkaya L. V., Desyatirikova E. N., Hajali Moussa, Khodar Almothana, Alkaadi Osama "Load Balancing in Cloud Computing" in Proc. of 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2018 ElConRus), St. Petersburg and Moscow, Russia on January 29 - February 1, 2018,Volume 2018-January, 14 March 2018, Pages 387-390. doi**:**10.1109/EIConRus.2018.8317113.

УДК 004.043

Манев Дмитрий Валерьевич[1],
студент.
Сальников Вячеслав Юрьевич[2],
канд. техн. наук, доцент

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Россия, г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[1]dmanevd@gmail.com, [2]zvs@mail.ru

Аннотация. В современном мире, когда любые технологии развиваются стремительно, а потоки информации ежедневно увеличиваются в объеме, появляется необходимость создания систем, обрабатывающих и хранящих полученные данные. В данной статье рассмотрены основные понятия методологии больших данных и

описана спроектированная информационная система для хранения и обработки измерительных данных, как специфичных.

Ключевые слова: большие данные, измерительные данные, Apache Hadoop, HDFS, Apache Spark, хранение данных, обработка данных.

Manev Dmitrii Valeryevich[1],
Student,
Salnikov Vyacheslav Yurevich[2],
Ph.D.

INFORMATION SYSTEM FOR PROCESSING AND STORAGE OF BIG VOLUMES OF MEASURING DATA

Russia, St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
[1]dmanevd@gmail.com, [2]zvs@mail.ru

Annotation. In the world today, when the technology evolves rapidly and the flow of information increases in volume daily, it will be necessary to create the system that process and stores the data. This article focuses on the major concept of big data methodology and describes the information system for storing and processing measurement data as a specific.

Keywords: big data, measurement data, Apache Hadoop, HDFS, Apache Spark, data storage, data processing.

Введение и актуальность

Внедрение любых технологий в наши дни непременно связано с обработкой данных, будь то данные пользователей, механизмов или даже данные о данных, но что более важно, объемы этих данных с огромной скоростью растут, а значит и для их обработки необходимо создавать все новые решения и технологии. Осознание данного факта открыло начало такому направлению в информационных технологиях, как «Big Data» (с англ. – «Большие Данные»). Данный термин возник в 2008 году [1] и с течением времени эти технологии, а правильнее сказать методы, обрели применение почти в каждой сфере деятельности человека – с каждым днем популярность Big Data набирает обороты и актуальность изучения и применения данной области не оставляет сомнений. Именно повышенный интерес к технологиям разработки программного обеспечения, хранящего большие объемы структурированных и неструктурированных данных, а также выполняющего их обработку на распределенных системах, стал ориентиром к выбору объекта исследования – распределенное хранение и обработка данных, как сфера технических наук.

Цель исследования

На текущий момент готовые инструменты и технологические решения для обработки больших объемов данных связаны с использованием неограниченных ресурсов и быстрым ростом производимой человечеством информации. Типичная архитектура таких решений не позволяет учесть особенности обработки измерительных данных, как специфичных, поэтому целью данного исследования является: на основе современных методов, технологий и инструментов разработать информационную систему хранения и обработки больших объемов данных, в условиях специфики измерительных данных, позволяющую с высокой скоростью проводить их обработку

Big Data

Большие объемы данных возникают в различных сферах нашей жизни - бизнес, торговля, транспорт, медицина, медиа. По состоянию на 2018 год каждый день генерируется 2,5 эксабайта ($2{,}5 \times 10^{18}$) данных. [2] На основании прогноза отчета IDC глобальный объем данных будет расти экспоненциально с 4,4 зетабайта до 44 зетабайтов в период с 2013 по 2020 год. [3] К 2025 году, согласно прогнозу IDC, будет 163 зетабайта данных. [4]

Большие данные можно связать с пятью ключевыми понятиями: [5]

1. Объем.

Представляет собой наиболее актуальную проблему для традиционных ИТ-структур. Данный аспект приходит в голову большинству людей, когда они думают о больших данных.

2. Скорость.

Скорость, с которой эти данные с одной стороны создаются, а с другой – могут обрабатываться, храниться и анализироваться.

3. Разнообразие.

Большие данные – это не всегда структурированные данные, и их не всегда легко поместить в реляционную базу данных. Работа с различными структурированными и неструктурированными данными значительно увеличивает сложность хранения и анализа больших данных. 90% генерируемых данных – это данные в неструктурированной форме.

4. Достоверность.

Когда мы имеем дело с большим объемом, скоростью и разнообразием данных, невозможно, чтобы все эти данные оказались на

100% верными. Качество получаемых данных может сильно различаться. Точность анализа данных зависит от достоверности исходных данных.

5. Ценность.

Ценность является наиболее важным аспектом в больших данных. При работе с большими данными их потенциальная ценность достаточно велика. Хорошо, когда есть доступ к большим данным, но если мы не сможем извлечь из них пользу, они станут бесполезными.

Результаты

В качестве основного фрейморка для работы данной системы был выбран продукт с открытым исходным кодом Apache Hadoop. Данный инструмент имеет функционал распределённого хранилища данных (HDFS) и вычислений (MapReduce, YARN). Для обработки данных и интерпретации кода в систему был выбран механизм высокоуровневого API – Apache Spark. Язык программирования Scala.

Архитектура системы

Основной идеей работы системы является предварительная локальная обработка структурированных измерительных данных. Apache Spark поваляет нам обработать в локальном (не кластерном режиме) имеющиеся данные заранее определённой структуры, а после чего сохранить результат в распределённое хранилище для последующих вычислений с использованием мощности всего кластера.

Поскольку концепция распределённого хранения подразумевает собой передачу данных (блоков данных в HDFS) по сети между узлами кластера, то, таким образом, мы ускоряем процесс обработки, передавая в систему данные много меньше, чем входные.

Данный метод позволяет использовать специфику именно измерительной информации, так как операции, производимые над ней, зачастую являются статистическими методами и не требуют высокой аппаратной мощности или увеличения количества потоков в параллельной обработке.

На рис. 1 представлена архитектура системы, позволяющей хранить, получать и обрабатывать измерительные данные в фреймворке Apache Hadoop.

В качестве исследуемых данных были взяты температурные показания с погодной станции «USC00010505 – Bankhead Lock and Dam, AL, US», предоставляемые National Centers for Environmental Information (National Oceanographic Data Center). [6] Данные имеют структуру таблицы и представлены в формате CSV.

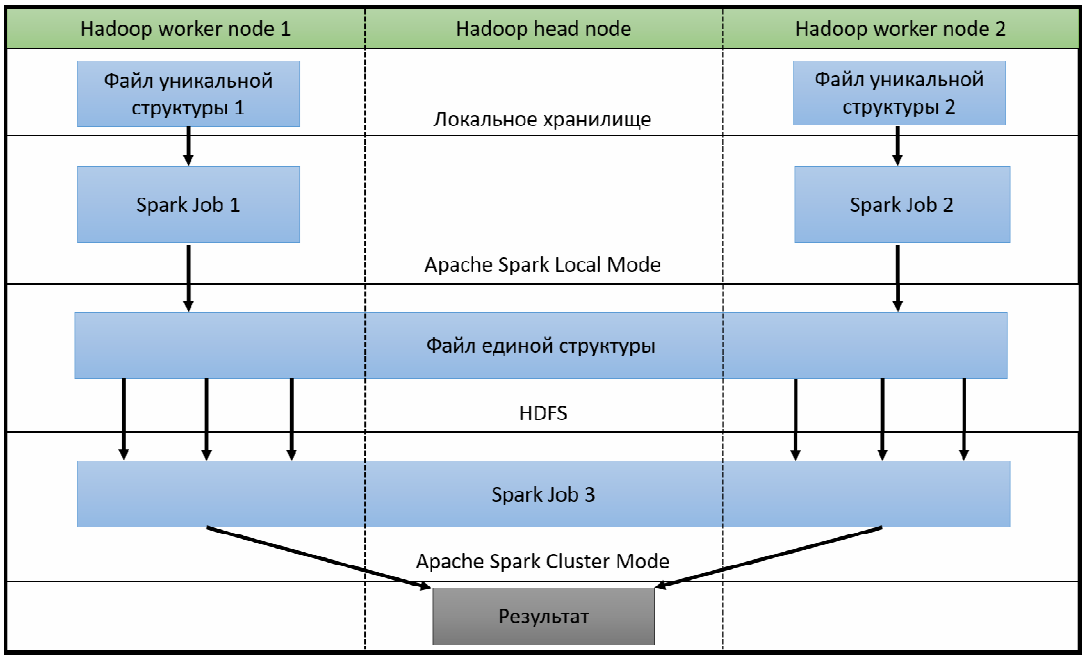


Рис. 1. Архитектура системы обработки измерительных данных

Тестирование системы на температурных данных.

На рис. 2 представлена часть данных файла уникальной структуры 1.

```
"STATION",   "NAME",                          "DATE",   "TMAX",   "TMIN",   "TOBS"
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/1/1957,23.319270,12.878281,20.8176
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/2/1957,22.881367,7.216641,7.858522
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/3/1957,17.814064,6.793098,17.857826
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/4/1957,22.849812,16.180915,16.130766
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/5/1957,24.480017,12.828621,16.183196
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/6/1957,23.327438,13.339730,15.644492
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/7/1957,21.151388,12.274028,13.912855
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/8/1957,23.995273,11.773141,12.814313
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",2/9/1957,26.186847,11.756269,16.745430
...
```

Рис. 2 Файл уникальной структуры 1

В текущем файле показания температуры имеют необоснованно высокую точность. По средствам Apache Spark показания были округлены методом «к ближайшему целому». На рис. 3 представлена часть полученного файла, сохраненного непосредственно в распределенное хранилище (HDFS).

```
Output file:
ID,          DATE,    TMAX,TMIN,TOBS
USC00010505,2/1/1957,23.3,12.9,20.8
USC00010505,2/2/1957,22.9,7.2,7.9
USC00010505,2/3/1957,17.8,6.8,17.9
USC00010505,2/4/1957,22.8,16.2,16.1
USC00010505,2/5/1957,24.5,12.8,16.2
USC00010505,2/6/1957,23.3,13.3,15.6
USC00010505,2/7/1957,21.2,12.3,13.9
USC00010505,2/8/1957,24.0,11.8,12.8
USC00010505,2/9/1957,26.2,11.8,16.7
...
```

Рис. 3. Резлуьтативный файл

На рис. 4 представлена часть данных файла уникальной структуры 2.

```
Data Sample:

"STATION",   "NAME",                          "DATE", "TMAX","TMIN","TOBS"
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/1/1958,19.8, 98.9,  -12.7
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/2/1958,7.5,  93.3,  -17.7
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/3/1958,8.7,  93.3,  -17.7
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/4/1958,12,   94.4,  -15.5
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/5/1958,12.5, 95,    -16.6
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/6/1958,13.1, 95,    -12.7
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/7/1958,8.7,  98.3,  -12.1
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/8/1958,7,    93.3,  -18.3
USC00010505,"BANKHEAD LOCK AND DAM, AL US",1/9/1958,3.1,  91.1,  -21
...
```

Рис. 4. Файл уникальной структуры 1

В текущем файле показания температуры смещены: TMIN – увеличено на 3.1, TMAX – увеличено на 100, TOBS – уменьшено на 12.7. По средствам Apache Spark над каждым показанием каждого дня были проведены соответствующие математические операции. На рис. 5 представлена часть полученного файла, сохраненного непосредственно в распределённом хранилище в уже созданный ранее файл.

```
Output file
ID,             DATE, TMAX,TMIN,TOBS
USC00010505,1/1/1958,16.7,-1.1,0.0
USC00010505,1/2/1958,4.4,-6.7,-5.0
USC00010505,1/3/1958,5.6,-6.7,-5.0
USC00010505,1/4/1958,8.9,-5.6,-2.8
USC00010505,1/5/1958,9.4,-5.0,-3.9
USC00010505,1/6/1958,10.0,-5.0,0.0
USC00010505,1/7/1958,5.6,-1.7,0.6
USC00010505,1/8/1958,3.9,-6.7,-5.6
USC00010505,1/9/1958,0.0,-8.9,-8.3
...
```

Рис. 5. Продолжение результативного файла

Данные решения на Apache Spark могут работать параллельно и обрабатывать получаемые в ситему данные, приводя их в общую структуру. Полученный файл можно обрабатывать и искать зависимости, используя вычислительные мощности всего кластера, запуская Spark Job в кластерном режиме.

В качестве тестирования были найдены средние значения для TMIN, TMAX и TOBS для каждого месяца. На рисунке 6 представлен частичный результат работы программы в режиме кластера.

Output:

MONTH_YEAR	TMAX_AVERAGE	TMIN_AVERAGE	TOBS_AVERAGE
1/1958	9.8	-2.7	0.8
10/1957	20.7	9.2	11.8
10/1958	24.0	9.9	12.0
11/1957	17.9	6.2	9.7
11/1958	18.8	5.4	8.6
12/1957	14.8	0.9	5.4
12/1958	11.4	-1.1	2.0
2/1957	18.9	6.6	9.8
2/1958	8.8	-4.3	-1.2
3/1957	16.1	4.4	7.1
3/1958	15.5	3.6	6.3
4/1957	24.6	10.4	14.4
4/1958	23.1	9.1	11.9
5/1957	28.1	15.7	19.3
5/1958	27.5	13.8	18.0
6/1957	31.7	20.0	23.6
6/1958	31.9	19.0	23.5
7/1957	32.9	20.6	24.2
7/1958	32.0	20.7	24.2
8/1957	34.1	19.4	23.2
8/1958	32.7	19.8	22.7
9/1957	29.3	17.8	20.1
9/1958	30.7	17.4	20.5

.....

Рис.. 6. Результат обработки файла в режиме кластера

Выводы.

В данной статье были рассмотрены основные понятия, связанные с обработкой и хранением больших данных. Была разработана информационная система, которая позволяет увеличить скорость процессинга измерительных данных за счет использования предварительной локальной (не распределенной) обработки.

Данная система является нетепичной и представляет собой компромисс между стандартным решением и особенностями методов обработки (в данном случае статистической) и представления измерительных данных.

Список литературы

1. Lynch A. Big data: How do your data grow? // Nature – 2008. Vol. 455. №7209 – P. 28-29.

2. Data Never Sleeps 5.0 [Электронный ресурс] — URL: https://www.domo.com/learn/data-never-sleeps-5?aid=ogsm072517_1&sf100871281=1. Доступ свободный. Дата обращения: 11.02.2019.

3. Makrufa Sh. Hajirahimova, Aybeniz S. About Big Data Measurement Methodologies and Indicators // International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS) – 2007. Vol. 9. №10 – P. 1-9.

4. Reinsel D., Gantz J., Rydning J. The Digitization of the World – From Edge to Core // IDC – 2018.

5. Ishwarappa, Anuradha J. A Brief Introduction on Big Data 5Vs Characteristics and Hadoop Technology // International Conference on Intelligent Computing, Communication & Convergence (ICCC-2015) - ICCC. 2010. - P. 319-324.

6. The main page – NCEI (NOAA) [Электронный ресурс] — URL: https://www.ncdc.noaa.gov/. Доступ свободный. Дата обращения: 15.03.2019.

УДК 338.984

Толочко Иван Андреевич[1],
аспирант;
Яковлева Дарья Дмитриевна[2],
студент;
Шарич Эрмин Эмирович[3],
студент

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

[1]Россия, Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[2,3]Санкт-Петербургский государственный университет,
[1]toloch1989@mail.ru, [2]st062671@student.spbu.ru,
[3]st062696@student.spbu.ru;

Аннотация. Сущность цифровизации предприятия определяется процессом интеграции современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в единую киберфизическую систему (CPS). В статье авторами приведена классическая архитектура системы управления, а также классификации типов ИКТ и систем управления разных уровней согласно международному стандарту ANSI/ISA-95 (IEC 62264).

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), цифровизация предприятия, киберфизические системы (CPS), индустрия 4.0.

Tolochko Ivan Andreevich[1],
Graduate student;
Yakovleva Daria Dmitrievna[2],
Student;
Sharich Ermin Emirovich[3],
Student

THE ESSENCE OF ENTERPRISE DIGITALIZATION PROCESS

[1]Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics
[2,3]St. Petersburg State University,
[1]toloch1989@mail.ru, [2]st062671@student.spbu.ru,
[3]st062696@student.spbu.ru

Abstarct. The process of integrating modern information and communication technologies (ICT) into a single cyber-physical system (CPS) determines the essence of enterprise digitalization. In the article, the authors present classical architecture of control system, as well as classification of ICT types and control systems of different levels according to the international standard ANSI / ISA-95 (IEC 62264).

Keywords: information and communication technologies (ICT), enterprise digitalization, cyber-physical systems (CPS), industry 4.0.

В рамках перспективной концепции Индустрия 4.0 К.Шваба, предполагающей переход от операционной модели производства к полной его цифровизации, особая роль отводится применению современных ИКТ при проектировании кибер-физических систем призванным обеспечить высокую автономность управления бизнес-процессами на основе массивов цифровых данных получаемых непосредственно от физических компонентов системы сенсорного уровня, тесно интегрированных с интернетом и его пользователями [1,2,4].

Процесс цифровизации предприятия основан на оптимизации взаимодействия с поставщиками и потребителями за счет применения современных ИКТ следующего типа:

1. Sensor – комплексный инструмент контроля качества обслуживания, эффективный канало коммуникации между клиентом и бизнесом;
2. PLC (Programmable Logic Controller) – программируемый модуль управления технологическим оборудованием;
3. HMI (Human-machine interface) – ИКТ, обеспечивающие взаимодействие оператора и оборудования и позволяющие оператору управлять оборудованием и контролировать его функционирование;
4. MES (Manufacturing Execution System) — производственная исполнительная система, позволяющая решать задачи оперативного планирования и управления производством, в том числе задачи синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках определенного производства;
5. MIS (Management information system) – система, обрабатывающая данные, предназначенная обеспечения информацией, необходимой для принятия решений на всех уровнях управления предприятием;
6. ERP (Enterprise Resource Planning) – приложение для планирования ресурсов предприятия
7. CRM (Customer Relationship Management) – система, обеспечивающая управление взаимоотношениями с клиентами, предназначенная для автоматизации стратегий взаимодействия с клиентами для организации продаж и управления бизнесом.

Важной составляющей в становлении кибер-физических систем является интегрированная система управления, призванная объединить в себе автоматизированную систему управления предприятием (АСУП) и автоматизированную систему управления технологическими процессами

(АСУТП). В целях обеспечения такого вида интеграции существует стандарт ANSI/ISA-95 (IEC 62264) – American National Standards Institute/International Society of Automation – международный стандарт для разработки интерфейса для предприятий и управляющих систем, включающий в себя следующие несколько уровней систем:

1. Системы управления эффективностью бизнеса (BI (Business Intelligence), имитационное моделирование):
   - Стратегическое управление;
   - Анализ показателей деятельности предприятия;
   - Производственно-экономическое моделирование;
   - Консолидация отчетности.
2. Системы управления ресурсами предприятия, специализированные системы, системы управления документооборотом и сервисные системы (ERP (Enterprise Resource Planning), HCM (Human Capital Management), SRM (Supplier Relationship Management System), PPM (Project Portfolio Management), PM (Project Management), CAx (Computer-aided technologies), GIS (Global Intellect Service), Mining execution system, ECM (Enterprise Content Management), СОИБ (Система обеспечения информационной безопасности)):
   - Управление запасами, снабжением, сбытом, производством, проектами, сервисным обслуживанием, поставками, финансами, персоналом, документооборотом, ИТ-сервисами, ИБ;
   - Проектирование;
   - Планирование.
3. Системы оперативного управления производством (MES (Manufacturing Execution System), LIMS (Laboratory Information Management System)):
   - Оперативное/детальное планирование производства;
   - Оперативно-диспетчерское управление производством;
   - Управление технологической документацией;
   - Управление качеством продукции;
   - Управление производственными процессами;
   - Анализ производительности.
4. Системы управление технологическими процессами (АСУТП), АСКУЭ (Автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии)):
   - Сбор технологических параметров;
   - Визуализация технологических параметров:
   - Автоматический контроль технологических параметров;

- Управление технологическим процессом;
- Контроль действий оператора;
- ИТ-инфраструктура, информационная безопасность, ИТ-организация.

Классическая архитектура систем управления производством включает в себя АСУП, которая обеспечивает бизнес-планирование, планирование выпуска продукции, логистики и ресурсов предприятия (ERP), а также MOM (Manufacturing Operations Management) – система управления производственным процессом. Кроме того, в архитектуру систем управления производством входит АСУТП, обеспечивающая производство партиями, непрерывное производство и дискретное производство. Классическая архитектура систем управления производством состоит из следующих уровней:

- Реальные физические процессы (Big data);
- PLC – измерение и управление физическими процессами в реальном времени;
- SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – диспетчеризация, человеко-машинный интерфейс, сбор данных, мониторинг показателей;
- MES/MOM – оперативное планирование, распределение и контроль использования ресурсов, отслеживание генеалогии продукции, управление качеством, контроль выполнения плановых показателей;
- ERP – формирование производственной программы, управление контрактами, материально техническое обеспечение производства, поддержка уровней запасов, календарный план производства.

Резерв развития информационных технологий находится в зоне правильного сочетания возможностей человека, производственного оборудования и информационно-вычислительной техники, то есть в развитии гибридных – кибер-физических систем, способных осуществлять сбор информации на сенсорном уровне от датчиков, оборудования, персонала и программных систем и передавать ее по коммуникационным каналам до уровня системы управления эффективностью бизнеса.

Например, в проектно-конструкторском бюро функционирование такой системы может быть организовано следующим образом:

1) Все принимаемые схемотехнические решения в системе автоматизированного проектирования (САПР) влекут за собой создание новой или корректировку действующей конструкторской документации, в том числе спецификации на изделие.

2) Сохраненная документация синхронизируется с системой управления данными об изделии (Product Data Management - PDM), где проходит ее согласование и утверждение.

3) После согласования и утверждения данные, содержащие актуализированную спецификацию, синхронизируются с ERP системой, где происходит экономическая оценка.

Кибер-физические системы благодаря глубокой интеграции процессов проектирования (производства) с операционной деятельностью предприятия обеспечивают возможность оценки экономического эффекта, на ранних стадиях принятия решений.

Список литературы

1. Информационные системы в экономике: учебник для академического бакалавриата / Под ркд. В. Н. Волковой и В.Н. Юрьева. М.:: Юрайт, 2017. 402 с.

2. Тарасов И.В., Попов Н.А., Индустрия 4.0: трансформация производственных фабрик // Стратегические решения и риск-менеджмент, №3 (108), 2018, С. 38-53.

3. Цветков В.Я., Управление с применением кибер-физических систем // Перспективы Науки и Образования. 2017. 3 (27) pnojournal.wordpress.com/archive17/17-03/ Дата публикации: 1.07.2017 № 3 (27). С. 55-60.

4. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2019. 208 с.

УДК 1082-004

Кудрявцева Арина Сергеевна,
аспирант

КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, arinkin94@mail.ru

Аннотация. В настоящее время на предприятиях повышается сложность автоматизации процессов, вследствие чего возникает необходимость в распределенных автоматизированных системах, необходимых для работы в условиях ограничения управления в режиме реального времени и связи в процессах производства. Киберфизические системы подразумевают полностью синергетическую интеграцию вычислений и управления с физическими устройствами и процессами. Более того, внедрение киберфизической системы в автоматизированные системы предприятия поможет объединить автоматизированное управление технологическими процессами и автоматизированное управление производством и предприятием в целом, поможет создать управляемую систему, от заказа до реализации. В данной статье рассматривается киберфизический подход к проектированию распределенной автоматизированной системы, позволяющей интегрировать управление, связь, вычисления на всех этапах жизненного цикла продукции. Базисом киберфизической системы является внедрение цифровых технологий, так как все инновации обеспечиваются и совер-

шенствуются за счёт вычислительной мощности и аналитики данных. Для оценки полезности внедрения технологий для создания киберфизической системы предлагается использовать информационные оценки А.А. Денисова.

Ключевые слова: киберфизическая система, автоматизация процессов, жизненный цикл продукции, инновации, цифровые технологии, информационные оценки А.А.Денисова, четвертая промышленная революция.

Arina S. Kudriavtceva,
Postgraduate student

CYBER-PHYSICAL SYSTEM AS THE DEVELOPMENT OF AUTOMATION PROCESSES AT ALL STAGES OF THE LIFE CYCLE OF THE ENTERPRISE THROUGH THE INTRODUCTION OF DIGITAL TECHNOLOGIES

Russia, Saint-Petersburg, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University. arinkin94@mail.ru

Abstract. Nowadays the complexity of automation processes is increasing. As a result, there is a need for distributed automation systems that are necessary for work in conditions of limited control in real time and communication in production processes. Cyber-physical systems imply a fully synergistic integration of computing and control with physical devices and processes. Furthermore, the introduction of the cyber-physical system into the enterprise's automation systems will help to combine automation process control and automation production control and the enterprise as a whole, will help create a controlled system, from order to implementation. In this paper, a cyberphysical approach to the design of a distributed automation system is considered. This approach allows integrating control, communication, and calculations at all stages of the product life cycle. The basis of the cyber-physical system is the introduction of digital technologies, as all innovations are provided and improved by computing power and data analytics. To assess the usefulness of introducing technologies for creating a cyber-physical system, it is proposed to use informational assessments by A.A. Denisov.

Keywords: cyber-physical system, process automation, product life cycle, innovations, digital technologies, informational assessments of A.A. Denisov, The Fourth Industrial Revolution.

Введение

Мы находимся на пороге четвертой промышленной революции, ключевым понятием которой становится «киберфизическая система». Четвертая промышленная революция характеризуется синтезом новейших технологий (от расшифровки информации, записанной в человеческих генах до нанотехнологий, от возобновляемых энергоресурсов до квантовых вычислений) и их взаимодействие в физических, цифровых и биологических системах [6].

Актуальность рассматриваемой проблемы подтверждает президент Всемирного экономического форума К.Шваб. В своей книге «Четвертая промышленная революция» (2016, 2017) [6] он подробно описывает изменения технологий, которые происходят в наше время. В своем иссле-

довании К. Шваб ориентируется на концепцию Индустрии 4.0. Четвертую промышленную революцию еще называют цифровой. Отличительная черта революции – сближение технологий и стиранию граней между цифровыми, биологическими и физическими сферами. Industry 4.0 – это совокупность технологий: PLM, Big Data, Smart Factory, Cyber-physical systems[5], Internet of Things, Interoperability, позволяющих создать эффективную бизнес-модель предприятия.

Строить и улучшать базовую стратегию необходимо для повышения конкурентноспособности предприятия [5], а для предприятий федерального уровня – для повышения экономики страны. Высокая эффективность достигается главным образом за счёт рационального управления системами автоматизации физических операций производства и сопутствующих процессов, интегрированных в единое информационное пространство.

Приоритет развития промышленных предприятий на базе использования цифровых технологий в настоящее время является ключевым. В нашей стране разработаны и реализуются соответствующие документы, регламентирующие внедрение цифровых технологий и киберфизических систем: «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» (утверждена Указом Президента РФ от 9 мая 2017 г.), Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена распоряжением Председателя Правительства РФ от 28 июля 2017 г.). Перечисленные указы необходимо исполнять, в том числе и на промышленных предприятиях.

С внедрением цифровых технологий существенно меняются производственные отношения, происходит синергетическая интеграция вычислений и управления с физическими устройствами и процессами [10]. Вследствие чего порождается киберфизическая система.

Существует ряд проблем их применения CPS, которые исследуются разными авторами. Во-первых, методика моделирования для программного обеспечения распределенной автоматизации с интегрированными физическими процессами [7]. С точки зрения проектирования, модели программного обеспечения должны охватывать различные аппаратные платформы, семантику исполнения и связь с полевой шиной [10]. Во-вторых, проблема оценки инновационных технологий, которые будут составлять основу киберфизической системы.

Существуют различные трактовки понятия «кибрфизическая система». В данной статье рассматривается использование киберфизической системы для развития автоматизации на всех этапах жизненного цикла деятельности предприятия на основе внедрения цифровых технологий, и предлагаются оценки для выбора инновационных технологий для ее создания.

1. Киберфизическая система для развития автоматизации на всех этапах жизненного цикла деятельности предприятия на основе внедрения цифровых технологий

На рис. 1 приведены основные технологии, которые могут стать основой создания киберфизической системы для развития автоматизации на всех этапах жизненного цикла деятельности предприятия на основе внедрения цифровых технологий.

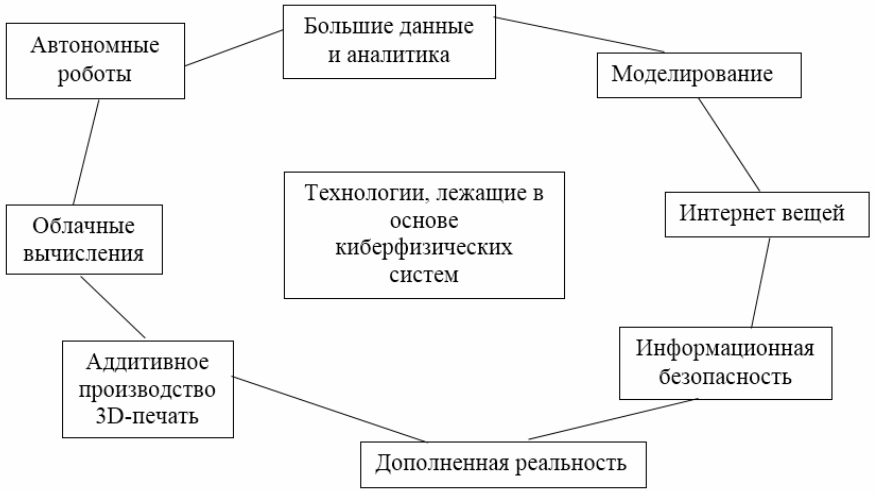


Рис. 1. Технологии Индустрии 4.0

Одной из самых важных работ, позволяющих понять суть и структуру киберфизической системы, является книга работа Lee E.A. and Seshia S.A. «Введение во встроенные системы. Киберфизический системный подход» [9]. Упрощенно киберфизическую систему предприятия, по мнению авторов, можно изобразить схематично, как показано на рис. 2.

Структура CPS состоит из трех частей. Первая часть – физический уровень – физическая часть киберфизической системы, которая в своей реализации не использует компьютерные или цифровые сети. На промышленном предприятии за этот уровень могут отвечать механические части или люди-операторы. Во вторую часть киберфизической системы включены: одна или несколько вычислительных платформ, которые состоят из сенсоров, исполнительных механизмов, одного или несколько компьютеров, и, возможно, одной или несколько операционных систем. Третья часть – это сетевая структура, которая обеспечивает механизмы взаимодействия компьютеров. Вместе платформы и сетевая структура представляют собой «кибер» часть киберфизической системы [9].

На рис. 2. изображены две сетевые платформы, каждая из которых имеет свои собственные датчики и/или исполнительные механизмы. Действия, выполняемые исполнительными механизмами, влияют на данные, предоставляемые датчиками через физический уровень. На рисунке Платформа 2 управляет физическим уровнем с помощью Привода

1. Она измеряет процессы на физическом уровне с использованием Датчика 2. Блок Вычисление 2 реализует закон управления, который на основе данных датчика определяет, какие команды подать на привод. Такой цикл называется контуром управления с обратной связью. Платформа 1 выполняет дополнительные измерения с использованием датчика 1 и отправляет сообщения на платформу 2 через сетевую структуру. Вычисление 3 реализует дополнительный закон управления, который объединен с Вычислением 2, возможно, вытесняя его.

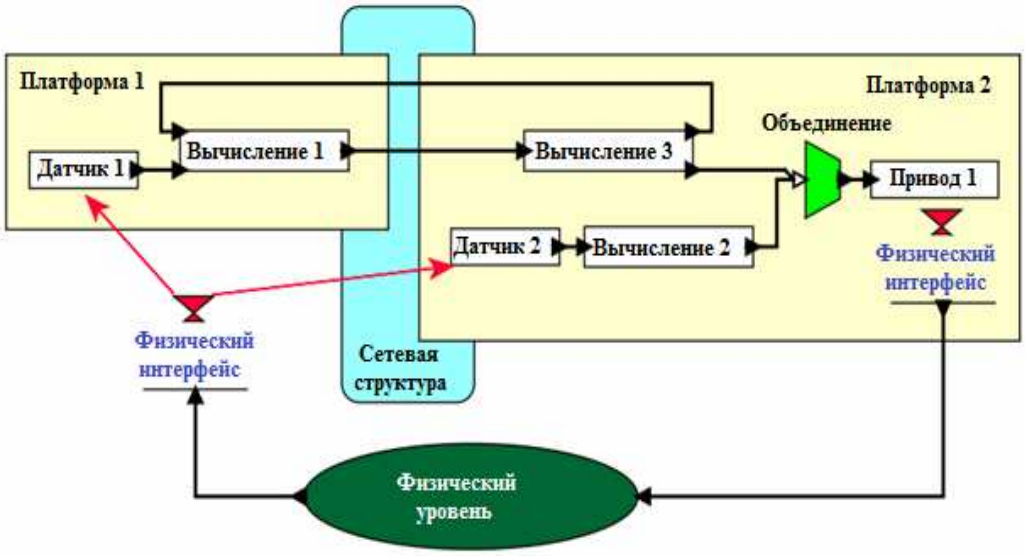


Рис. 2. Упрощенная структура киберфизической системы

Постоянно отслеживая обратную связь в реальном времени от физических процессов, системы управления должны реагировать на действия в рамках ограничений в реальном времени, чтобы подключить интеллект на уровне устройства [5].

Итак, выше представлена и подробно описана упрощенная структура киберфизической системы. Однако, для промышленного предприятия интерес представляет проектирование и внедрение такой системы. Lee E.A. and Seshia S.A. представляют создание киберфизической системы, как показано на рис. 3. Процесс составляют три основные части: моделирование, проектирование и анализ. Моделирование – это процесс более глубокого понимания системы посредством построения ее упрощенной структуры. Модели имитируют систему и отражают ее свойства. Модели показывают, как ведет себя система. Проектирование – это структурированное создание артефактов. Он определяет, как система делает то, что делает. Анализ – это процесс более глубокого понимания системы посредством анализа. Он указывает, почему система делает то, что она делает (или не может делать то, что, по структуре модели, она должна делать). Таким образом, процесс проектирования киберфизиче-

ской системы итеративно перемещается между перечисленными тремя частями.

Рис. 3. Модель создания встраиваемых систем

Если раньше информационные технологии использовались для автоматизации управления предприятием и технологическими процессами, то с использованием цифровых технологий возможно объединить автоматизированное управление технологическими процессами и автоматизированное управление производством и предприятием в целом. Путем внедрения цифровых технологий во все сферы деятельности предприятия возможно создать единую управляемую систему, от заказа до реализации.

Внедрение отдельных элементов современных ИТ-систем также может позволить добиться повышения производительности персонала. Современные системы позволяют сократить количество допускаемых сотрудниками ошибок за счет оптимальной подачи сырья, обеспечить более полную загрузку производственного оборудования, сократить отходы производства и др. [3].

2. Применение при выборе инновационных технологий для CPS информационных оценок А.А. Денисова

Для создания киберфизической системы необходимо выбирать и внедрять инновационные технологии. Зачастую нововведения внедряются не по одному, а совместно с другими технологиями, вследствие чего происходит наслаивание технологий. Объединение технологий приводит к эмерджентному эффекту, а сами технологии называются эмерджентными [8]. Термин эмерджентные технологии (emerging technologies, от emerge – появляться), означает появление новых свойств в результате

объединения технологий. использование таких технологий принесет новые результаты в производстве.

Для получения и обработки экспертных оценок предлагаемых инновационных технологий предлагается использовать информационные оценки А.А. Денисова. В работах А.А. Денисова предлагаются основы анализа разнородных систем произвольной структуры, базирующиеся на последовательном диалектическом раскрытии материально-информационного дуализма всего сущего. Автором рассматривается подход и метод для дальнейшего самостоятельного системного познания мира [3].

Главным достоинством метода является возможность получить оценки от единичных экспертов по каждому оцениваемому нововведению, которые предлагают его и лучше знают его возможности. Применить традиционные экспертные оценки, основанные на организации коллективной экспертизы и усреднении мнений экспертов, невозможно. Такое применение может приводить к одному из недостатков коллективных оценок, которые нивелируют узкосубъективные черты оценок, но усиливают коллективно субъективные. Более того, сформировать группу специалистов, одинаково хорошо знающих все оцениваемые технологии и способных их сравнить, также невозможно.

В основу информационных оценок положены 3 модели.

Применение информационных моделей 1-го вида основано на оценке степени влияния технологии на реализацию целей предприятия в анализируемый период развития. В соответствии с информационным подходом для оценки каждой технологии вводятся оценки степени целесоотвествия p_i' (т.е. вероятности достижения цели) и вероятности использования q, и вычисляется потенциал (значимость) технологии:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} q_i \log(1 - p_i') , \qquad (1)$$

Информационные модели 2-го вида основаны на сравнительном анализе сложных систем в течение определенного начального периода их проектирования (внедрения, развития) путем сопоставления изменения информационных оценок во времени. При этом оценки получают от единичных экспертов, компетентных в соответствующей области деятельности предприятия.

При применении информационных моделей 2-го вида, основанных на сравнительном анализе сложных систем в течение определённого начального периода их проектирования путём сопоставления изменения информационных оценок во времени, используется два способа измерения H_i:

1) через вероятность p_i';

2) посредством детерминированных характеристик воспринимаемой информации.

Последний способ включает в себя два подхода.

В статике в какой-то момент внедрения технологии (принимая среднеарифметическое усреднение $\gamma = 2$)

$$H_i = \frac{J_j}{n}, . \tag{2}$$

где J – информация о количестве нововведений, измеряемая в относительных единицах, т.е.

$$I_i = \frac{A_i}{\Delta A_i},$$

где ΔA_i – минимальное количество технологий i -го вида, которое определяет единицу измерения [1].

Модели 3-ого вида описывают оценку ситуаций, описываемых информационными уравнениями с учетом взаимного влияния технологий:

$$\begin{aligned} H_1 &= f(H_{11}, H_{12}, H_{13}, \dots), \\ H_2 &= f(H_{21}, H_{22}, H_{23}, \dots), \\ H_3 &= f(H_{31}, H_{32}, H_{33}, \dots), \end{aligned} \tag{3}$$

где H_1, H_2, H_3, … –значимость (сущность) 1-й, 2-й, 3-й и т.д. технологии;

H_{11}, H_{22}, H_{33} … H_{ii}, …– собственная значимость технологий при отсутствии других технологий, влияющих на его ценность;

H_{12}, H_{13}, … H_{ij}, … – изменение ценности i–й технологии при наличии j–го нововведения [2].

Информационные оценки А.А. Денисова позволят проводить оценку технологий на уровне подсистемы и собственно системы, подцели которой инициируются собственными (внутренними) потребностями, мотивами, программами, постоянно возникающими в развивающейся системе [4].

Достоинством информационных оценок является то, что они обеспечивают удобную обработку оценок, возможность сочетать вероятностные оценки с количественными детерминированными характеристиками, что способствует повышению объективности и достоверности оценок, и, кроме того, позволяет на основе изменения измеряемых детерминированных параметров получать динамику изменения степени влияния подцелей, факторов, средств на реализацию целей предприятия (организации) [4].

Оценки p_i' в моделях А.А. Денисова получают от единичных экспертов по каждому оцениваемому нововведению, которые предлагают его и лучше знают его возможности.

Результаты полученных оценок рекомендуется представлять в виде гистограмм для дальнейшей обработки.

Заключение

В данной статье рассмотрен киберфизический подход к проектированию распределенной автоматизированной системы, позволяющей интегрировать управление, связь, вычисления на всех этапах жизненного цикла продукции. Рассмотрена упрощенная схема киберфизической системы, а также основные этапы ее проектирования. Так как базисом киберфизической системы является внедрение цифровых технологий, для оценки полезности внедрения технологий системы предлагается использовать информационные оценки А.А. Денисова.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Логинова А.В., Яковлева Е.А. Модели управления инновационной деятельностью предприятий и организаций. – СПб.: Издательство Политехнического университета Санкт-Петербург, 2014. – 246 с.

2. Волкова В.Н. Леонова А.Е. Модель организации сложной экспертизы при выборе проектов для включения в план научно-производственной организации // Проблемы управления в социальных системах, 2015. – Т. 8. – № 12. – С. 220-224.

3. Денисов, А.А. Современные проблемы системного анализа : учебник. – 3-е изд. – СПб. : Изд-во Политехнического университета, 2008. – 291 – 293 с.

4. Денисов А.А. Информационные основы управления. — Л. : Энергоатомиздат, 1983.

5. Масютин С.А. Базовая стратегия предприятия в условиях перехода к концепции «Индустрия 4.0» Доклад с заседания Комитета по литейному и кузнечно-прессовому производствам.

6. Шваб К. Четвертая промышленная революция: перевод с англ. М.: Изд-во «Э», 2017. — 208 с.

7. Eidson J., Lee E. A., Matic S., Seshia S. A. and Zou J., “Distributed Real-Time Software for Cyber-Physical Systems”, *Proceedings of the IEEE (Special Issue on CPS)*, Vol. 100, Issue 1, Page 45 – 59, January 2012.

8. Emerging Technologies | HuffPost/huffingtonpost.com›topic/emerging-technologies.

9. Lee E.A. and Seshia S.A., “Introduction to Embedded Systems, Cyber-Physical Systems Approach”, http://LeeSeshia.org, ISBN 978-0-557-70857-4, 2011.

10. Vyatkin V., “IEC 61499 as enabler of distributed and intelligent automation: State-of-the-art review”, IEEE Transaction on Industrial Informatics, vol. 7, no. 4, pp. 768–781, Nov. 2011.

УДК 303.732.4:681.518.5

Панкратова Наталья Дмитриевна,
*з*ам. директора, д-р техн. наук, проф.,
чл.-корр. НАНУ.
Панкратов Владимир Андреевич,
м.н.с., канд. техн. наук

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Киев, Украина, Институт прикладного системного анализа Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»
natalidmp@gmail.com, pankratov.volodya@gmail.com

Аннотация. Предлагается создание аналитической платформы для сопровождения функционирования сложных технических объектов (СТО), которая является физической моделью для кибер-физических систем (КФС). Обеспечение гарантированной живучести и безопасности функционирования СТО реализовано в виде информационной платформы технической диагностики. Этот инструмент позволяет своевременно и надежно выявлять, оценивать и прогнозировать факторы риска и на этой основе с учетом обратной связи своевременно устранять причины нештатных ситуаций до возникновения сбоев и других нежелательных последствий. Систематическая и непрерывная оценка критических параметров объектов в режиме on-line позволяет своевременно выявлять и устранять причины, которые могут потенциально привести к нарушению функционирования объекта в штатном режиме.

Ключевые слова: живучесть, безопасность, риски, датчики, прогноз, диагностика, нештатные ситуации, он-лайн режим, кибер-физические системы.

Pankratova Nataliya Dmitrievna,
Deputy director, dr/ of tech. sc., Professor,
Corresponding member of NASU
Pankratov Vladimyr, **Junior**
Researcher, cand. of tech. sc.

DEVELOPMENT OF THE TECHNICAL OBJECT ANALITICAL PLATFORM FOR CYBERP-HYSICAL SYSTEMS

Kiev, Ukraine, Institute for Applied System Analysis of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
natalidmp@gmail.com, pankratov.volodya@gmail.com

Abstract. It is proposed to create an analytical platform to support the operation of complex technical objects (CTO), which is a physical model for cyber-physical systems

(CFS). Ensuring guaranteed survivability and safety of the CTO operation is implemented as an information platform for technical diagnostics. This tool allows timely and reliable detection, assessment and prediction of risk factors and, on this basis, taking into account feedback, timely eliminate the causes of emergency situations before the occurrence of failures and other undesirable consequences. Systematic and continuous assessment of critical parameters of objects in the on-line mode allows timely identify and eliminate the causes that potentially lead to disruption of the functioning of the object in the normal mode.

Keywords: *survivability, safety, risks, sensors, forecast, diagnostics, emergency situations, on-line mode, cyber-physical systems.*

В настоящее время в научной общественности большое внимание уделяется КФС. Результатом этого стало появление большого количества публикаций, проведения конференций и симпозиумов. Правительства развитых стран включают проблемы, связанные с КФС, в приоритетный список инноваций, считая их критически важными для защиты своих национальных интересов. Такие системы позволят ведущим державам устранить нынешнюю зависимость и обеспечить себе реальную самостоятельность. Общепризнанно, что создание компьютеров, обеспечивающих общественность информацией любой природы, существенно изменили информационно жизнь человека, а КФС имеют огромные возможности для улучшения качества жизни общества - сделать жизнь людей проще и повысить её уровень, а также всей инфраструктуры для транспорта, телекоммуникаций, здравоохранения, образования и т. д. Исследования, проводимые на пересечении логического и физического миров с достижениями в обработке, связи, технологии локализации и др., обладают огромным потенциалом в качестве катализатора для взаимообогащения идей из различных научных и инженерных дисциплин.

Выделяются три класса фундаментальных ограничений на моделирование, в частности хаотическое поведение, неспособность компьютеров численно обрабатывать континуум и неполноту детерминизма.

К основным техническим предпосылкам, сделавших КФС возможными, можно отнести следующие:

1) рост числа устройств со встроенными процессорами и средствами хранения данных: сенсорные сети, работающие во всех протяженных технических инфраструктурах; медицинское оборудование; умные дома и т.д.;
2) интеграция, позволяющая достигнуть наибольшего эффекта путем объединения отдельных компонентов в большие системы: Интернет вещей (IoT), World Wide Sensor Net, умные среды обитания, оборонные системы будущего;
3) ограничение когнитивных способностей человека, которые эволюционируют медленнее, чем машины. В этой связи непременно наступает момент, когда люди уже не в состоянии справиться с объ-

емом информации, требуемой для принятия решений, и какую-то часть действий нужно передать КФС, выведя человека из контура управления.

1. Общая характеристика проблематики

Однозначного и общепринятого определения на сегодняшний день КФС не получили, так как эти системы находятся на пересечении сразу нескольких сфер деятельности. Их главной общей особенностью является взаимодействие между физическими и вычислительными процессами, связь с интернет вещами. Одной из самых больших проблем в разработке кибер-физических систем (CPS) является их внутренняя сложность, неоднородность и междисциплинарный характер. Новые распределенные CPS объединяют широкий спектр разнородных аспектов, таких как физическая динамика, управление, машинное обучение и обработка ошибок. Кроме того, системные компоненты часто распределены по нескольким физическим местоположениям, аппаратным платформам и сетям связи [1].

Учитывается, что КФС — это сложные системы, состоящие из различных природных или технических объектов, искусственных и реальных подсистем, организационных и управляющих систем, которые позволяют представить такое образование как единое целое [2]. В КФС вычислительные элементы взаимодействуют с датчиками, которые обеспечивают мониторинг кибер-физических показателей, и с исполнительными элементами, которые вносят изменения в кибер-физическую среду. КФС осуществляют вычислительные процедуры в своей распределенной структуре, они включают «умные узлы» и делают возможным реконфигурировать потоки в сети в зависимости от условий. Таким образом, КФС представляют собой распределенные системы с возможностью интеллектуальной обработки и реконфигурации потоков за счет интеллектуального управления [3]. В КФС обеспечивается тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсам, что обуславливает необходимость создания двух типов моделей. С одной стороны - это традиционные инженерные модели, а с другой - модели компьютерные. Таким образом, можно считать, что КФС — это комплексная система из вычислительных и физических элементов, которая постоянно получает данные из окружающей среды. Проблема идентификации и идентичности в цифровом кибер-физическом мире, где личные и групповые идентификаторы предметов и материалов вещи (объекты) играют все более важную роль в их объединении в возникающие социотехнические системы и сети, рассмотрена в [4].

Роль моделирования в разработке КФС рассматривается в [5-7]. Утверждается, что роль, которую модели играют в технике, отличается от той роли, которую они играют в науке, и что это различие должно побудить использовать другой класс моделей, где простота и ясность семантики преобладают над точностью и детализацией. Утверждается, что детерминизм в моделях, которые используются для проектирования, является ценным свойством и должен сохраняться при любой возможности, независимо от того, является ли моделируемая система детерминированной.

В целом, в последние годы КФС получили большой толчок к развитию, который связан с ростом количества «умных» устройств и сенсорных сетей и объединением их во всё более крупные системы, например, интернет вещей (IoT) [8]. Конвергенция создает условия для нового явления — Интернета будущего, включающего в себя помимо нынешнего Интернета людей еще и Интернет медиаконтента, Интернет сервисов и Интернет вещей. Интернет вещей позволит создать динамические сети, состоящие из миллиардов и триллионов таких вещей, коммуницирующих между собой. Таким образом, обеспечится единение цифрового и физического миров, для которого приложения, сервисы, компоненты связующего ПО и конечные устройства — это вещи. У каждой из вещей реального физического мира в IoT будет цифровой двойник, ее виртуальное представление. Эти цифровые аналоги смогут воспринимать информацию из окружающего мира, вступать во взаимодействие, обмениваться данными. В результате сложится совершенно новая среда, где интеллект, заложенный в приложения, позволит оценивать происходящее в физическом мире, учитывать накопленные ранее сведения и опыт для поддержки принятия решений. В такой среде создаются качественно иные, чем сегодня, условия для бизнеса, для охраны здоровья, для обеспечения экологической безопасности и всего остального, что нас окружает [8].

В данной работе внимание уделяется инженерным моделям, в которых вычислительные элементы взаимодействуют с датчиками, обеспечивая мониторинг показателей и сопровождение функционирования СТО [9,10]. Разрабатываемая аналитическая платформы сопровождения функционирования сложных технических объектов включает модель СТО, систему сенсоров, программное обеспечение анализа данных с целью дальнейшего управления физическими элементами [11,12]. Благодаря такому взаимодействию СТО способна эффективно работать в изменяющихся условиях на всем жизненном цикле системы.

Модель СТО базируется на общей проблеме многофакторных рисков, ресурсе допустимого риска, прогнозировании дестабилизирую-

щей динамики факторов риска, принципов, гипотез, аксиомы, которые непосредственно связаны с анализом нештатных ситуаций, аварий и катастроф [13-15]. Программное обеспечение гарантированной живучести и безопасности функционирования КФС реализовано в виде информационной платформы технической диагностики. Этот инструмент позволяет своевременно и надежно выявлять, оценивать и прогнозировать факторы риска и на этой основе с учетом обратной связи своевременно устранять причины нештатных ситуаций до возникновения сбоев и других нежелательных последствий. Систематическая и непрерывная оценка критических параметров объектов в режиме on-line позволяет своевременно выявлять и устранять причины, которые могут потенциально привести к нарушению функционирования объекта в штатном режиме.

2. Основные принципы гарантированной безопасности функционирования СТО и стратегия и ее реализации

Системная стратегия гарантированной безопасности функционирования СТО базируется на предлагаемом принципе своевременного обнаружения причин, оперативного предотвращения перехода штатных ситуаций в нештатные, аварийные или чрезвычайные, выявления факторов риска, прогнозирования основных показателей живучести объекта в течение заданного периода его эксплуатации, как основы обеспечения гарантированной безопасности в динамике функционирования СТО, устранения причин возможного перехода работоспособного состояния объекта в неработоспособное состояние на основе системного анализа многофакторных рисков нештатных ситуаций [11].

Основная идея стратегии — обеспечить в реальных условиях функционирования сложной системы своевременное и достоверное обнаружение, оценивание факторов рисков, прогнозирование их развития в течение определенного периода эксплуатации и на этой основе осуществление своевременного устранения причин появления нештатных ситуаций до появления отказов и других нежелательных последствий.

Приведем математическую постановку задачи распознавания нештатной ситуации в динамике функционирования техногенно опасного объекта [16].

Известно: для каждой ситуации $S_k^\tau \in S_\tau$ формируется множество $M_k^\tau \in M_\tau$ факторов риска в виде $M_k^\tau = \left\{ \rho_{q_k}^\tau \mid q_k = \overline{1, n_k}^\tau \right\}$. Для каждого фактора риска $\rho_{q_k}^\tau \in M_k^\tau$ известный нечеткий информационный вектор $I_q^\tau = \left\{ I_{q_k}^\tau \mid q_k = \overline{1, n_k}^\tau; k = \overline{1, K_\tau} \right\}$ и его компоненты в виде

$$I_{qk}^\tau = \left\{ \tilde{x}_{q_k j_k p_k}^\tau \mid q_k = \overline{1, n_k}^\tau;\ j_k = \overline{1, n_{q_k}}^\tau;\ p_k = \overline{1, n_{q_k j_k}}^\tau \right\},$$

$$\tilde{x}^{\tau}_{q_k j_k p_k} = \left\langle x^{\tau}_{q_k j_k p_k},\ \mu_{H_{q_k j_k p_k}}\left(x^{\tau}_{q_k j_k p_k}\right)\right\rangle;\ x^{\tau}_{q_k j_k p_k} \in H^{\tau}_{q_k j_k p_k};\ \mu_{H_{q_k j_k p_k}} \in [0,1];$$

$$H^{\tau}_{q_k j_k p_k} = \left\langle x^{\tau}_{q_k j_k p_k} \mid x^{-}_{q_k j_k p_k} \le x^{\tau}_{q_k j_k p_k} \le x^{+}_{q_k j_k p_k} \right\rangle.$$

Требуется: для каждой ситуации $S^{\tau}_{k} \in S_{\tau}$ и каждого фактора риска $\rho^{\tau}_{q_k} \in M^{\tau}_{k}$, $M^{\tau}_{k} \in M_{\tau}$ обеспечить распознавание нештатной ситуации в динамике функционирования техногенно опасного объекта и живучесть сложной системы в процессе ее эксплуатации.

Системная согласованность темпов диагностирования с темпами рабочих процессов в различных режимах функционирования СТО реализуется в рамках единого алгоритма управления безопасностью в нештатных ситуациях [13]. В данном алгоритме реализуются процедуры диагностирования и оценивания нештатных ситуаций в процессе перехода штатного режима функционирования СТО в последовательность нештатных ситуаций. С использованием результатов этих процедур выполняется формирование базы данных и сценария возникновения последовательности нештатных ситуаций, определяется возможность перехода сложного объекта из нештатных ситуаций в штатный режим.

Основой реализации стратегии системного управления работоспособности и безопасности СТО является разработка блока диагностирования в виде информационной платформы технической диагностики функционирования СТО.

3. Информационная платформа технической диагностики функционирования СТО

Разработка блока диагностирования, составляющего основу алгоритма управления безопасностью сложных объектов в нештатных ситуациях, осуществляется в виде информационной платформы, содержащей следующие модули [12]:

1. Получение и обработка исходной информации в процессе функционирования СТС.
2. Восстановление функциональных зависимостей (ФЗ) и выявление закономерностей по эмпирическим дискретно заданным выборкам.
3. Квантование исходных переменных.
4. Прогнозирования нестационарных процессов.
5. Достоверность работы датчиков.
6. Построение процесса технического диагностирования.

Рассмотрим более детально приведенные модули информационной платформы технической диагностики (ИПТД).

Получение и обработка исходной информации в процессе функционирования СТО. Под СТО здесь имеется в виду технический объект

различной природы, который образован из нескольких разнотипных подсистем, системно согласованных по целям, задачам, ресурсам и ожидаемым результатам. Каждая из подсистем состоит из функционально взаимозависимых параметров, значения которых измеряются с помощью датчиков. Для этого к каждой подсистеме подсоединяются группы датчиков, причем у каждого из них, в зависимости от физической природы, имеют место разные рабочие показатели (разная дискретизация по времени, по раздельной способности и т.п.).

Для реализации технической диагностики в процессе функционирования СТС требуется наличие выборок объемом N_{01} и N_{02}, где N_{01} (N_{01}>>200) - общее количество выборки в процессе функционирования СТС в реальном режиме времени; N_{02} ($N_{02} << N_{01}$; $N_{02} = 40 \div 70$) - количество базовой выборки, требуемое для восстановления функциональных зависимостей (ФЗ). Исходная информация приводится к некоторому стандартному виду, который обеспечивает возможность формирования функциональных зависимостей (ФЗ) по дискретно заданным выборкам. С учетом предлагаемой методологии в качестве базовых аппроксимирующих функций выбираются смещенные полиномы Чебышева, что обуславливает нормирование всей исходной информации к отрезку [0,1].

Для *восстановления функциональных зависимостей* требуется найти такие приближающие функции $\Phi_i(x_1, x_2, x_3)$, $i=\overline{1,m}$, которые с практически приемлемой погрешностью характеризуют истинные функциональные зависимости $y_i = f_i(x_1, x_2, x_3)$, $i=\overline{1,m}$ на множестве D_s [11]. Учитывая разнородность исходной информации, а также разнородность свойств рассматриваемых групп факторов, которые определяются соответственно векторами x_1, x_2, x_3, степень влияния каждой группы факторов на свойства приближающих функций необходимо оценивать раздельно. Для этого приближающие функции формируются в виде иерархической многоуровневой системы моделей. На верхнем уровне реализуется модель в классе аддитивных или мультипликативных функций, определяющая зависимость приближающих функций от переменных x_1, x_2, x_3. На втором уровне переменные x_1, x_2, x_3 представляются через свои компоненты, которые, в свою очередь, могут быть векторами. На третьем иерархическом уровне формируются модели, где базовая структура аппроксимирующих функций выбираются в виде смещенных полиномов Чебышова.

Квантование дискретных численных значений используется с целью уменьшить влияния погрешности измерений различных параметров на достоверность формируемого решения. Реализация

процедуры квантования выполняется с применением робастных технологий.

Прогнозирования нестационарных процессов строится на основе исходной выборки временного ряда с использованием модели динамического прогнозирования, где восстановленная функциональная зависимость используется для определения следующего значения. На каждом дискретном шаге времени реализуется итерационный процесс построения прогнозных значений на следующий шаг. С использованием этих значений выполняется принятие решения о текущей ситуации.

Достоверность работы датчиков реализуется с привлечением различных приемов, в частности, используется критерий Шовене. На основании данного критерия на тестовой выборке, а также на каждом дальнейшем шаге при получении нового элемента из множества входящих показателей, для каждой координаты отдельно рассчитываются из множества всех предыдущих значений этих показателей оценки математического ожидания и дисперсии. Затем эти оценки подставляются в обратную функцию распределения Гауссовой случайной величины и для каждой координаты определяется вероятность. Затем выполняется умножение на размер выборки, рассмотренной до текущего момента, и, если полученная величина больше 0.5 хотя бы по одной координате показателей, по которым контролируется датчик, то датчик считается неисправным.

Процедура выявления нештатной (или аварийной) ситуации построена на использовании пороговых значений $y_neshtat_j$ (y_avar_j) для текущего *j*-го датчика (причем используется не только текущее значение, но и прогнозируемые). Нештатная ситуация наступает в случае, если $\exists\, j\ (y_j < (>) y_neshtat_j)$ в зависимости от того, минимальное или максимальное предельное значение нештатной ситуации. Аварийная ситуация наступает в случае, если $\exists\, j\ (y_j < (>) y_avar_j)$ в зависимости от того, минимальное или максимальное предельное значение аварийной ситуации.

При переходе одного из датчиков через пороговое состояние, показатель «качества» ситуации повышается до определенного значения (индикатора «штатная», «нештатная», «аварийная»). Параллельно создается «пояснение», а именно, описание причины возникновения соответствующей ситуации, а также вычисляется значение фактора риска по формуле:

$$q_j = \frac{|y_j - y_neshtat_j|}{|y_neshtat_j - y_avar_j|}$$

где y_j – текущее значение датчика, $y_neshtat_j$ — пороговое значение наступления нештатной ситуации, y_avar_j — пороговое значение наступления аварийной ситуации.

4. Гарантированное функционирование системы оборотного водоснабжения

На основании разработанной аналитической платформы сопровождения функционирования СТО рассматривается реальная задача гарантированного функционирования системы оборотного водоснабжения, структурная схема которого приведена на рис. 1. Основное назначение системы оборотного водоснабжения - обеспечение заданного расхода воды $Q_1 \le 0.045$ м^3/с для охлаждения технологической установки (ТУ) (приоритетный объект), и дополнительного расхода $Q_2 \le 0.045$ м^3/с, который потребляется вспомогательным оборудованием и не является критическим. Полный штатный расход $Q_n = Q_1 + Q_2$. Включение насоса подпитки происходит: при снижении уровня воды во входном резервуаре ниже значения $h_{1on} = 50$ м^3, выключение при $h_{1off} = 80$ м^3, если насос откачки отключен; при снижении уровня воды в резервуаре ниже значения $h_{1on} = 40$ м^3, выключение при $h_{1off} = 60$ м^3, если насос откачки включен. Глубинный насос во включенном состоянии обеспечивает производительность $Q_{dn} = 0.05$ м^3/с. Снижение уровня воды ниже 40 м^3 при работающем насосе откачки говорит о нештатной ситуации (утечке). Включение насоса откачки происходит при повышении уровня воды в резервуаре №2 выше значения $h_{2on} = 80$ м^3, выключение при снижении ниже $h_{2off} = 20$ м^3. Насос откачки во включенном состоянии обеспечивает производительность $Q_{dn2} = 0.05$ м^3/с. В случае, когда уровень воды в резервуаре №1 становится выше отметки 97 м^3 и насос откачки включен, последний принудительно отключается с целью избежания переполнения резервуара №1. Возобновление его работы происходит, когда уровень h_{r1} снижается до 95 м^3. В резервуар №2 попадает вода, только прошедшая через технологическую установку и охладитель. Вода после второго потребителя уходит в канализационную систему.

В штатном режиме требования ТУ в отношении необходимого расхода воды полностью удовлетворяются, то есть обеспечивается надежный отбор тепла и температура ТУ находится в допустимых пределах. Допустимым пределом считается температура до 75°C. При температуре в диапазоне от 75°C до 85°C ситуация является нештатной, после превышения порога 85°C — аварийной. Температура регулируется с помощью отдельного ПИ-регулятора, выходом которого является гидравли-

ческое сопротивление вентиля B1 на входе ТУ, что в свою очередь регулирует расход воды в ТУ.

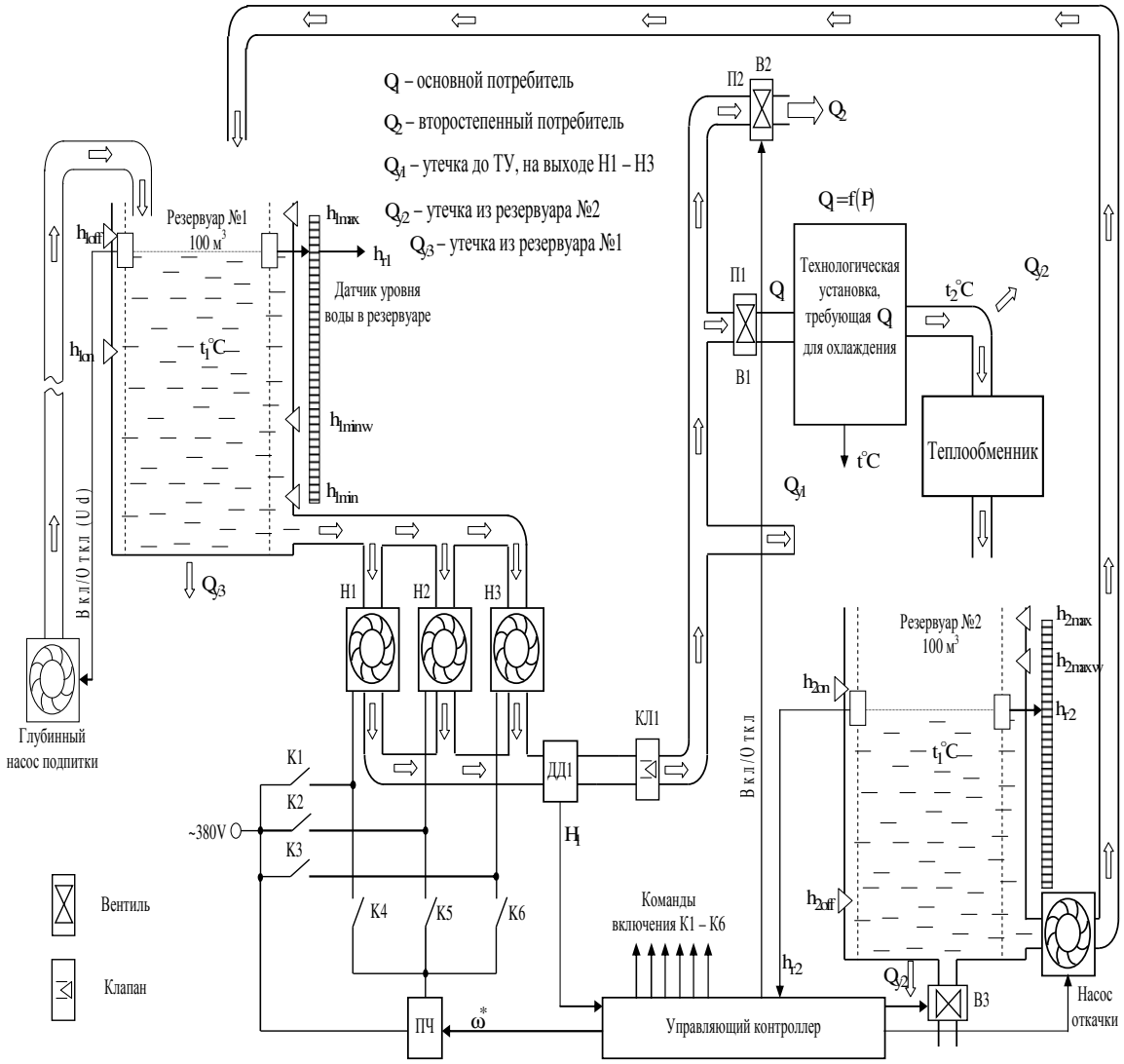


Рис. 1. Структурная схема системы оборотного водоснабжения

В соответствии с требованиями разработанного инструментария технической диагностики по глубине резервуаров и в ряде реперных точек системы были установлены датчики, показатели которых снимаются через каждые 20 секунд, время моделирования — 10000 секунд. Для рассмотренного эксперимента с учетом мониторинга показания датчиков в реальном режиме времени на рис. 2 приводятся распределения уровня воды h_{r1} и h_{r2} в резервуарах №1 и №2 соответственно, напора H_1 на входе в технологическую установку и температуры T технологической установки в течении 10000 секунд.

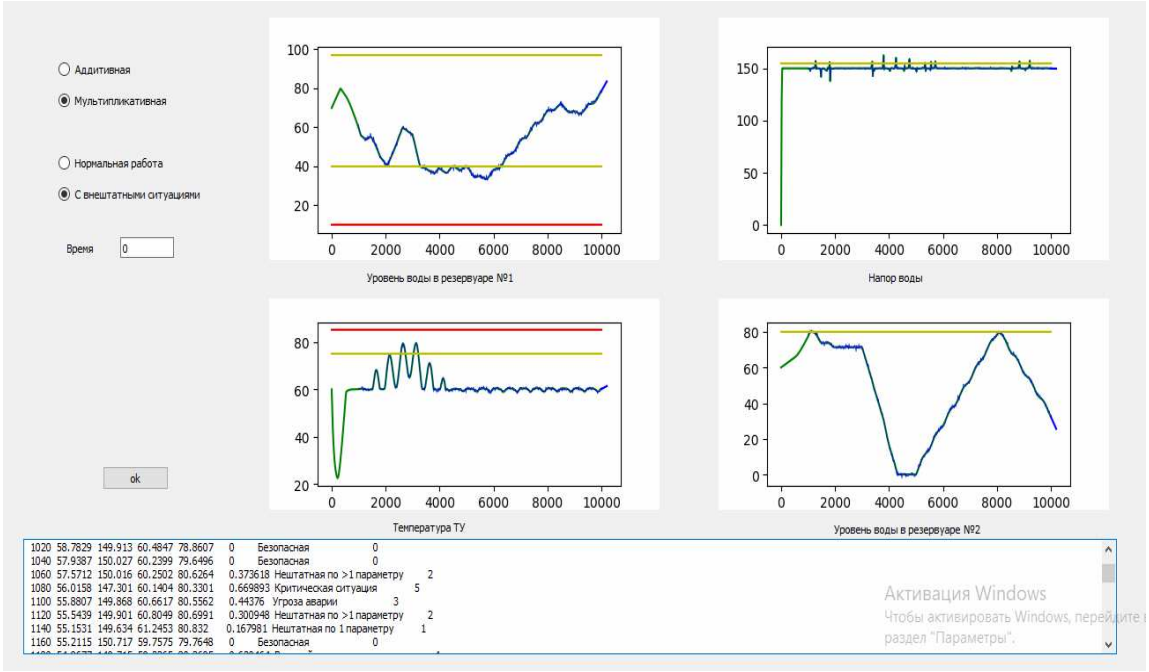


Рис. 2. Распределение по времени уровня воды h_{r1} и h_{r2} в резервуарах №1 и №2, напора H_1 на входе в технологическую установку и температуры T технологической установки

Заключение

Приведенную аналитическую платформу сопровождения функционирования СТО можно считать как физическую модель для киберфизических систем. Объединение ряда аналогичных моделей СТО в единую сеть позволит в режиме он-лайн выполнять рациональное распределение требуемых ресурсов среди различных потребителей. Современные технологии позволяют обеспечивать распределенные вычисления и краудсорсинг, обмен информацией между пользователями и формирование коллективных знаний.

Учитывая, что КФС являются движущей силой инновационных преобразований, требуется еще решить множество сложных проблем. Необходимо учитывать разнородность данных, получаемых из различных приложений и устройств. Разработать модели и приемы сбора, хранения и обработки больших данных, поступающих от различных сетевых устройств, анализировать полученные результаты и своевременно принимать решения. Вычислительная обработка должна быть эффективной и своевременной, поскольку физические процессы продолжаются независимо от результатов вычислений. Учитывать безопасность и надежность функционирования подсистем и систем КФС, поскольку все действия координируются между устройствами в реальном времени, природную и ситуационную неопределенность, обусловленную изменчивостью окружающей среды. КФС имеют огромный потенциал, помо-

гая решать критически важные для нашего общества проблемы и превосходя современные распределенные системы в плане безопасности, производительности, эффективности, надежности и по многим другим показателям.

Список литератцры

1. Ilge Akkaya, Patricia Derler, Shuhei Emoto, Edward A. Lee. “Systems Engineering for Industrial Cyber-Physical Systems using Aspects”. IEEE Proceedings, Vol. 104, Issue 5, 4, April, 2016. –P.997–1012.
2. Алессандро Дзанни Киберфизические системы и разумные города https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/index.html.
3. Цветков В.Я. Кибер физические системы // Международный журнал рикладных и фундаментальных исследований. № 6. – 2017. –С. 64-65
4. Чеклецов В.В. Идентификация и идентичностьв киберфизическом мире // Философские науки. № 8. –2017. –С. 76–86.
5. Edward A. Lee. Fundamental Limits of Cyber-Physical Systems Modeling.//ACM Transactions on Cyber-Physical Systems, 1(1), November, 2016.
6. Edward A. Lee. Modeling in Engineering and Science // Viewpoint, Communications of the ACM 62(1), pp. 35-36, January 2019.
7. Hokeun Kim, Armin Wasicek, and Edward A. Lee. An Integrated Simulation Tool for Computer Architecture and Cyber-Physical Systems. //In book: Cyber Physical Systems. Design, Modeling, and Evaluation, Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 11267), April, 2019.
8. Черняк Л.. Интернет вещей: новые вызовы и новые технологии // Открытые системы. СУБД. — № 4. – 2013. – С. 14–18.
9. Henning S. Diagnostic Analysis for Mechanical Systems // Proceedings of the 2000 ASME Design Theory and Methodology Conference, 2000, P.11–24.
10. Chao K., Chiang W., Huang S., Huang K. Fault analysis and diagnosis system for induction motors // Computers & Electrical Engineering, N54, 2016,p.p. 195–209.
11. Pankratova N.D. System strategy for guararnteed safety of complex engineering systems // Cybernetics and System Analysis. –Vol.46(2). –2010. – P.243–251.
12. Панкратова Н.Д. Системный анализ в динамике диагностирования сложных технических систем //Системні дослідження та інформаційні технології. №1. –2008. - С. 33 – 49.
13. Pankratova N.D. The integrated system of safety and survivability complex technical objects operation in conditions of uncertainty and multifactor risks // Proceedings of conference IEEE, Kyiv, Ukraine, May 29 – June 2, 2017, N50. – P. 1135-1140.
14. Pankratova N.D., Kondratova L.P. System evaluation of engineering objects’ operating taking into account the margin of permissible risk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, № 3. –2016. –P.13–19.
15. Zgurovsky M.Z., Pankratova N.D. System analysis: Theory and Applications. Springer. – 2007. – 475 p.
16. Pankratova N., Kurilin B. Conceptual foundations of the system analysis of risks in dynamics of control of complex system safety. Part 2. The general problem of the system analysis of risks and the strategy of its solving. // Journal of automation and information Vol.33, №4. - 2001. -P.1–14.

УДК 334.7

Платонов Владимир Владимирович[1],
профессор, д-р экон. наук, профессор,
Тихонова Майя Владимировна[2],
зам. заведующего кафедрой, кандидат экон. наук, доцент,
Карлик Ефим Михайлович[3],
аспирант,
Кузяев Далер Адьямович[4],
аспирант

ПРОБЛЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ И НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО АППАРАТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[1]vladimir.platonov@gmail.com, [2]mvt515@mail.ru, [3] fmkarlik@mail.ru, [4]daler9593@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема комплексного анализа системы материальных и нематериальных факторов эффективности и результативности предприятий. Целью статьи предложить направления разработки новой методологии в этой области. Авторы обсуждают подходы, определяющие достигнутый, на сегодняшний день и обосновывают необходимость расширения концептуально-терминологического аппарата применительно к производственному аппарату в условиях информационного общества, предлагая, в качестве методического решения, гибридное когнитивное картирование для извлечения информации из «больших данных».

Ключевые слова: цифровизация, анализ деятельности предприятий, киберфизические системы, производственный аппарат, большие данные, когнитивные технологии, информационное общество.

Vladimir V. Platonov[1],
Professor, Dr. Doctor of Economic Sciences, professor
Maya V. Tikhonova[2],
Deputy Head of Department, Ph.D. Candidate of Economic Sciences, Associate professor
Efim M. Karlik[3],
Ph.D. student
Daler A. Kuzyaev[4],
Ph.D. student

THE CHALLENGE FOR THE RESEARCH OF THE SYSTEM OF TANGIBLE AND INTANGIBLE FACTORS OF THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION FACILITIES UNDER THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION AND NETWORK INTERACTION

Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics
[1]vladimir.platonov@gmail.com, [2]mvt515@mail.ru, [3] fmkarlik@mail.ru,
[4]daler9593@mail.ru

Abstract. The article deals with the problem of a comprehensive analysis of the system of the tangible and intangible factors of efficiency and effectiveness of enterprises. The aim of the article is to propose research avenues or developing a new methodology in this area. The authors discuss the approaches that determine what has been achieved to date and justify the need for expanding the conceptual and terminological apparatus in relation to the production facilities in the information society, offering, as a methodological solution, the hybrid cognitive mapping for extracting the information from the "big data".

***Keywords*:** digitalization, analysis of the enterprise performance, cyber-physical system, production facilities, cognitive technologies, big data, information society.

В современном обществе с развитием цифровизации и сетевой организации в промышленности, прежде всего, интернета вещей, для промышленных предприятий возрастает важность нематериальных факторов и «именно знания и высокие технологии … определяют эффективность» [1]. По данным Price Waterhouse Coopers, за последние 42 года вес нематериальных факторов в рыночной стоимости крупнейших компаний возрос с 17% до 84% [2]. Не менее существенным моментом является экспоненциальный рост, вследствие цифровизации и цифровой трансформации слабоструктурированных массивов «больших данных» (от англ. big data) [3]. Большие данные потенциально содержат недоступную ранее количественную и качественную информацию о нематериальных факторах, например, с каждым днем производители накапливают данные о функционировании оборудования, установленного у заказчиков, но их применение, в целях повышения эффективности использования производственного аппарата, прежде всего. с использованием киберфизических систем, практически блокируется отсутствием методологии. В итоге, старая парадигма анализа и оценки деятельности предприятий реального сектора, основанная на соотнесении результата, выраженного в денежной форме, со стоимостной оценкой оборудования, необходимого для получения этого результата, становится все менее информативной для принятия управленческих решений. Ввиду роста гетерогенности, разнородности используемых ресурсов (которые теперь включает не только материально вещественную составляющую, не только программное обеспечение, но также ресурсы, связанные с обеспече-

нием сетевого взаимодействия), роста связанности ресурсов различных хозяйствующих субъектов с использованием интернета вещей и других киберфизических систем производственный аппарат превращается из механизма повышенной сложности в комплексную систему. Понимание особенностей функционирования такой системы, требует комплексного учета материальных и нематериальных активов (оборудования, человеческого и сетевого капитала, бренда, интеллектуальной собственности, информационных ресурсов и так далее), но методология такого анализа находится в зачаточном состоянии. Из-за актуальности проблемы анализа нематериальных факторов в комплексных системах, возникающих при углублении вертикальной кооперации в промышленности, но осмысление новых подходов, требующее серьезных исследований в области функционирования производственного оборудования в рамках системы материальных и нематериальных факторов, отстает. Обычно эти подходы дают максимально оптимистичную оценку инвестирования в нематериальные активы, но не позволяют выявлять противоречия данного процесса, так как последнее требует системного подхода для оценки целесообразности их применения для принятия решений отечественными предприятиями.

Формирование методологии комплексного анализа факторов эффективности и результативности в условиях цифровизации и сетевой организации находится в начальной стадии. Используется ряд частных методических решений для анализа отдельных факторов или, напротив, весьма обобщенные подходы, предлагаемые консультационными фирмами. При сотнях публикаций в международных журналах по оценке нематериальных активов, главная проблема состоит в отсутствии консенсуса между ними [4]. Данная ситуация является следствием того, что концептуально-методологическая основа исследований в данной области отсутствует, а значительная часть исследований не строится на принципах системного подхода, необходимого для анализа сложных хозяйственных систем. Такой основой могла бы стать системная парадигма, предложенная венгерским ученым Я. Корнаи и конкретизированная применительно задачам управления на предприятии Г.Б. Клейнером [5]. В рамках системного менеджмента Г.Б. Клейнера, система производственного предприятия состоит из семи подсистем: ментальной, организационно-культурной, институциональной, когнитивной, имущественно-технологической, имитационной и исторической. Тогда задача сводится к анализу нематериальных факторов объектной системы, которой является предприятие. Однако обратная сторона системности такого подхода – необходимость обеспечения анализа огромным объемом объективной информации о системе материальных и нематериальных факторов и, что

не менее важно, субъективной информации, воплощенной в ментальных моделях управленцев. Экспоненциальное накопление объемов «больших данных» и развитие когнитивного картирования решает данную проблему. За рубежом наиболее близко к формированию единого концептуально-методического подхода к анализу нематериальных факторов эффективности и результативности подошли представители школы интеллектуального капитала. Для измерения производственного оборудования и нематериальных факторов, обеспечивающих его функционирование, разрабатываются сложные системы атрибутов, позволяющие выйти за рамки простых и знакомых количественных методов измерения и индикаторов, таких как измерение массы или расстояния [7]. Предлагаемые структурно-логические модели, развивающие идею навигатора интеллектуального капитала Л. Эдвинссона, достигли высокой степени конкретизации, но, при этом, они обладают существенным недостатком – отсутствием возможности для анализа количественной информации на уровне предприятия, оставаясь скорее эвристическим инструментом для принятия управленческих решений. В рамках альтернативного подхода к исследованию нематериальных факторов – «динамических способностей,» претендующего на определенную системность, проблематика оценки и анализа, разрабатывается в меньшей степени. Этим можно объяснить то, что при возрастании интереса к изучению нематериальных факторов, количество публикаций по динамическим способностям в ведущих международных журналах, достигшее пика в 2012 году, с тех пор неуклонно снижается [6]. Мы считаем, что концепция «динамических способностей», если ее рассматривать во взаимосвязи с интеллектуальными ресурсами, может стать важным конструктом в аналитической структуре анализа нематериальных факторов в рамках системной парадигмы [8]. Для реализации системной парадигмы перспективным методом анализа сложных систем является причинно-следственное, в том числе, когнитивное картирование, которое активно применяется в исследованиях в области стратегического менеджмента, но, еще в очень ограниченных масштабах используемое при системном анализе системы материальных и нематериальных факторов, обеспечивающих функционирование производственного аппарата в условиях развития киберфизических систем. Оно впервые было предложено Аксельродом для анализа текстовой информации и, в последние пятнадцать лет, наблюдается возрождение интереса к этому направлению когнитивного картирования, в приложении к контентному анализу качественных данных, из-за возможности использования машинных процедур обработки информации с использованием нечеткой логики (fuzzy cognitive maps) [9]. Гибридный метод когнитивного картирования Маркози и Гольдберг позволил ис-

следовать ментальные модели путем опроса руководителей и специалистов для извлечения информации о важнейших конструктах/концепциях/факторах, связанных со сложными хозяйственными системами, которые представляют собой современные фирмы. Работы в данном направлении развиваются и считается, что гибридное когнитивное картирование обладает значительным потенциалом для анализа больших объемов информации [11, p. 41]. Из попыток применить когнитивное картирование к оценке интеллектуального капитала наибольший интерес представляет исследование Монтемари и Нильсена использовавших его для оценки стоимости отельных нематериальных факторов в комбинировании с сетевым анализом, но систему показателей в данном исследовании разработать не удалось [9]. Гибридное когнитивное картирование использовалось отечественными исследователями в эмпирических исследованиях стратегической проблематики с применением количественного анализа коллективных ментальных моделей. Российские ученые из ИПУ РАН (Абрамова Н.А., Авдеева З.К., Коврига С.В., Максимов В.И., Райков А.Н) подошли к использованию когнитивного картированию с нормативной стороны: не как метода исследования, а как управленческого инструмента поддержки принятия стратегических решений. Вместе с тем, когнитивное картирование еще не применялось для анализа и оценки деятельности предприятия. Существенным недостатком гибридного когнитивного картирования, подрывающим его объективность, является субъективизм в формировании исходного пула факторов/концепций/проблем. Для его устранения необходимо объединить оба направления: гибридное когнитивное картирование как инструмент извлечения и анализа информации ментальных моделей управленцев и когнитивное картирование как вид контентного анализа, который должен быть применен для извлечения информации из «больших данных».

Исследование «больших данных» как источника количественной и качественной информации для системного анализа материальных и нематериальных факторов, обеспечивающих эффективность функционирования производственного аппарата промышленных предприятий, в рамках киберфизических систем, еще находится на начальном этапе. Однако по результатам исследований в области информационных технологий, можно конкретизировать содержание термина «большие данные», применительно исследованию производственного аппарата в промышленности как информационный актив, возникший в результате цифровизации бизнеса и характеризующийся таким объемом, разнообразием и динамичностью, что требуется применение специальных методов и технологий для обретения ценности для анализа. Это, например, могут быть

данные с датчиков, установленные на машинах оборудовании для оценки технологического ноу-хау, а могут быть аудиозаписи переговоров с клиентами. В одном из немногочисленных научных исследований по возможным направлениям применения «больших данных» в анализе указаны: разработка новых показателей и методов исследования; прогнозирование; учет разнородности факторов. Поэтому необходимо формирование концептуально-методического подхода, позволяющего проанализировать всю совокупность факторов эффективности и результативности предприятия, включая разработку эмпирической модели и алгоритма анализа.

Благодарность

При поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00257 А «Методология анализа промышленных предприятий и отраслей нематериального производства в условиях информационного общества и цифровизации».

Список литературы

1. Выступление Президента РФ на Международном Форуме Технопром 2018 о необходимости научно-технологического прорыва. Международный форум «Технопром-2018». Новосибирск. 28.08.2018 http://kremlin.ru/events/president/news/58391.

2. Россия в цифрах. 2017: Крат.стат.сб./Росстат- М., Р76 2017 - 511 с.

3. Inside BIGDATA Guide to Use of Big Data on an Industrial Scale. 2017. https://insidebigdata.com/white-paper/guide-big-data-industrial-scale/

4. Pastor D. Intangibles and methods for their valuation in financial terms: Literature review // Intangible Capital, vol. 13, núm. 2, 2017, pp. 387-410.

5. Клейнер Г.Б. Системная парадигма и системный менеджмент // Российский журнал менеджмента – 2008 –№ 3, С. 27–50.

6. Albort-Morant, G. Assessing the origins, evolution and prospects of the literature on dynamic capabilities: A bibliometric analysis // European Research on Management and Business Economics, http://dx.doi.org/10.1016/j.iedeen.2017.06.004.

7. Göran R. Key Contributions To The Intellectual Capital Field Of Study/The Routledge Companion to Intellectual Capital ed. James Guthrie, John Dumay , Federica Ricceri and Christian Nielsen). Oxford: Routledge Handbooks Online. 2017.

8. Елисеева И.И., Платонов В.В. Динамический потенциал - недостающее звено в исследовании инновационной деятельности//Финансы и бизнес – 2014. – №4. – С. 102-110.

9. Papageorgiou E., Salmeron J. L., A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade // IEEE Transactions n Fuzzy Systems. – 2013. – Vol. 21. – No. 1. - pp. 66-79.

10. Markoczy L. Goldberg J. A method for eliciting and comparing causal maps // Journal of Management. -–1995. – Vol. 21. – No. 2. – pp. 305-333.

11. The SAGE Dictionary of Qualitative Management Research. – Thousand Oaks: SAGE. 2017. 312 pages.

12. Montemari M., Nielsen C. The role of causal maps in intellectual capital measurement and management // Journal of Intellectual Capital. - 2013 – Vol. 14 – No.4. – pp. 522–546.

УДК 303.732.4, 658.144

Яковлева Елена Анатольевна[1],
д-р экон. наук, доцент, профессор,
Катермина Татьяна Сергеевна[2],
канд. техн. наук, доцент,
Шарич Эрмин Эмирович[3],
студент,
Яковлева Дарья Дмитриевна[4],
студент

СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛОМ ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИЙ

[1]Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[2]Россия, Нижневартовск, Нижневартовский государственный университет
[3,4]Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет
[1]helen7199@gmail.com, [2]nggu-lib@mail.ru, [3]st062696@student.spbu.ru, [4]st062671@student.spbu.ru

Аннотация: в статье рассматриваются возможности применения моделей системного анализа к процессу управления финансовым обеспечением инноваций в промышленности. С помощью метода сложных экспертиз была показана возможность оценивания управляющих воздействий на систему, приведены результаты применения информационного подхода к анализу управляющих воздействий. С помощью метода лингво-комбинаторного моделирования возможно построение систем, которые будут удерживаться в зоне адаптационного максимума при помощи искусственно введенной избыточности. Показана роль новых информационных технологий в управлении потенциалом финансовой системы для достижения устойчивого развития инновационного процесса в промышленности и формирования прототипа системы поддержки принятия решений для прогнозирования инновационной активности в динамике.

Ключевые слова: новые методы управления, гибридный интеллект, модели системного анализа, лингво-комбинаторное моделирование, ситуационное управление, когнитивная экономика, финансовые системы.

Elena A. Yakovleva[1],
Dr. Doctor of Economic Sciences, associate professor, Professor,
Tatiana S. Katermina[2],
Doctor of Technical Science, Senior lecturer.
Ermin E. Sharich [3],
Student,
Dar'ya D. Yakovleva [4],
Student

MODERN MODELS OF SYSTEM ANALYSIS FOR MANAGING FINANCIAL SUPPORT FOR INNOVATION

[1]Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics
[2]Russia, Nizhnevartovsk, Nizhnevartovsk state university
[3,4]Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics
[1]helen7199@gmail.com, [2]nggu-lib@mail.ru,
[3]st062696@student.spbu.ru, [4]st062671@student.spbu.ru

Abstract. The article discusses the possibility of applying systems analysis models to the process of managing financial support for innovation. Using the method of complex examinations, the possibility of evaluating the control actions on the system was shown, and the results of applying the information approach to the analysis of control actions are presented. Using the method of linguistic-combinatorial modeling, it is possible to build systems that will be kept in the zone of the adaptation maximum with the help of artificially introduced redundancy. The role of new information technologies in managing the potential of the financial system to achieve sustainable innovation development and forming a prototype decision support system for predicting innovation activity in dynamics is shown.

***Keywords*:** new management techniques, hybrid intelligence, systems analysis models, linguistic-combinatorial modeling, situational management, cognitive economics, financial systems.

Стратегическое управление промышленностью и поддержание инновационных процессов в производстве требуют от финансовой системы не только обеспечения мультиканального финансирования и доступности источников в форме разных по назначению денежных фондов, но и создания опережающих возможностей по финансовому обеспечению инновационной активности [5]. При этом ключевым финансовым драйвером инновационной активности являются механизмы, распределяющие финансовые ресурсы через совокупность бюджетов и внебюджетных фондов всех уровней бюджетной системы, кредитных и инвестиционных учреждений и организаций, институтов финансового рынка. Потенциал финансовой системы для обеспечения инновационного развития промышленности сосредоточен в реализации финансово-промышленной политики как инструмента государственного стратегического управления на основе средств коммуникации федеральной системы управления рисками, что обуславливает использование логико-лингвистических моделей и мягких вычислений как для качественного, так и для количественного анализа взаимосвязей потребности/возможности в каждом элементе управления, на входе и выходе (из системы), в механизме адаптации системы.

Использование в практике управления финансами для инновационных предприятий последних разработок киберфизических технологий (дополненная реальность, роботизация банковских процессов, интернет-

банкинг, обработка больших объемов данных в реальном времени, GIS-технологии и т.д.) требует изучения и применения теории управления в виде функционального подхода и ситуационного анализа. Указанные обстоятельства обуславливают необходимость трансформации системы управления финансовой системы для инновационной активности промышленности с помощью логико-лингвистических моделей в семантическую структуру предметной области и позволяет расширить ее потенциал, а значит сформулировать новые черты в определении киберфизического управления в финансовой системе как информационно-логического процесса распознавания и разрешения возникающих проблемных ситуаций в сфере финансово-промышленной политики, включая процессы принятия решений на основе цифровых технологий и управления их реализацией. Согласно теории ситуационного управления, система должна отвечать запросам четырех основных функций управления: планирование, организация, координация и контроль для всех элементарных объектов в ней и их управляющих структур (решающих центров). Обработка больших данных по указанным функциям управления также требует не только простой систематизации, интеграции, но и аналитики инновационного, операционного, финансового процессов, использования возможностей технологии распределенного реестра. Полученные и обработанные массивы больших данных используются для формирования моделей анализа и оценки, прогнозирования безопасности работы сложных систем, анализа их взаимосвязей.

Так, можно сформулировать, что в данной работе потенциал финансовой системы для инновационной активности рассматривается как совокупность потенциалов «встроенных» сложных экономических систем (элементарные объекты и их составляющие), для которых важным условием функционирования сложной экономической системой и ее инновационной активности становятся применение новых методов управления. Потенциал – это разница между потребностями и возможностями, при этом, на основе теории систем эталоном могут выступать возможности, а на основе информационного подхода А.А. Денисова можно сравнить критерии и значения управляющих воздействий в элементарном объекте финансовой системы [1]. Тогда величина потенциала сложной экономической системы в процессе инноваций будет измеряться как близость к эталонному значению или 1.

При обработке больших данных в сложной экономической системе возникают проблемы распознавания рисков, угроз, новых возможностей и оценки последствий их влияния на функционирование системы в целом с учетом объективирования ответственности по той или иной проблемной ситуации на всех ярусах управления. Следовательно, главная

цель в управлении потенциалом сложной экономической системы состоит в постоянном и своевременном разрешении возникающих проблемных ситуаций – это «ускоренная и действенная реакция» на существенное изменение внешней и внутренней среды на основе «заранее разработанных альтернативных вариантов в стратегическом плане» [2,6], предусматривающих изменения в экономике, политике и финансах в зависимости от ситуации; такой мгновенный ответ на появляющиеся угрозы возможен только при антиципации возникновения проблемных ситуаций.

Несмотря на то, что компьютерные технологии совершенствуются постоянно, существует и некоторый предел в их развитии, и предел возможного их использования человеком. Резерв развития информационных технологий находится в зоне правильного сочетания возможностей человека и информационно-вычислительной техники, то есть в развитии гибридных систем. Пока что мозг человека многократно превосходит компьютер. Будем называть гибридным интеллектом системы, в которых часть вычислений (в том числе и интеллектуальный анализ данных, и вычисления при помощи других различных технологий искусственного интеллекта) выполняются компьютерными системами, а другую часть (более важную, в том числе принятие решений) выполняет человек. Необходимо полнее использовать человеческий потенциал сложной экономической системы – высокие адаптационные возможности, генетическую память, интуицию, доброжелательность и т.д.

Создание сложных экономических систем, удержание их в зоне адаптационного максимума – задача для человека, которому необходимо перевести описание системы с естественного языка на язык математических соотношений.

Лишь для небольшого числа реальных систем имеются математические модели. Прежде всего, системы описываются с помощью естественного языка [1]. Игнатьевым М.Б. был разработан метод лингвокомбинаторного моделирования, который позволяет перейти от описания на естественном языке к математической модели системы [3,4]. Эта модель содержит в себе механизмы управления системой, т.е. позволяет контролировать и корректировать работу системы, а также диагностировать возможные ошибки.

Например, пусть имеется фраза

$$Word_1 + Word_2 + Word_3$$

В этой фразе мы обозначаем слова и только подразумеваем смысл слов. Смысл в сложившейся структуре естественного языка не обозначается. Предлагается ввести понятие смысла в следующей форме:

$$Word_1 * Sense_1 + Word_2 * Sense_2 + Word_3 * Sense_3 = 0$$

Будем обозначать слова как A_i от английского Appearance, а смыслы – как E_i от английского Essence, звездочка * означает операцию умножения. Тогда последнее уравнение может быть представлено как

$$A_1 * E_1 + A_2 * E_2 + A_3 * E_3 = 0$$

Лингво-комбинаторная модель является алгебраическим кольцом (операторным кольцом), где используются три операции – сложение, вычитание и умножение в соответствии с аксиомами алгебры, и мы можем разрешить последнее уравнение либо относительно A_i, либо относительно E_i путем введения третьей группы переменных – произвольных коэффициентов U_S:

$$A_1 = U_1 * E_2 + U_2 * E_3$$
$$A_2 = -U_1 * E_1 + U_3 * E_3$$
$$A_3 = -U_2 * E_1 - U_3 * E_2$$

или

$$E_1 = U_1 * A_2 + U_2 * A_3$$
$$E_2 = -U_1 * A_1 + U_3 * A_3$$
$$E_3 = -U_2 * A_1 - U_3 * A_2$$

Получающиеся в ходе моделирования системы уравнений содержат особую группу переменных – произвольные коэффициенты U_i, которые можно использовать для решения различных задач системы.

В общем случае, если имеем *n* переменных и m многообразий, ограничений, то число произвольных коэффициентов *S* будет равно числу сочетаний из *n* по *m*+1:

$$S = C_n^{m+1}, n > m.$$

Число произвольных коэффициентов является мерой неопределенности и адаптивности. Лингво-комбинаторное моделирование может опираться на анализ всего корпуса текстов на естественном языке, это трудоемкая задача по извлечению смыслов для суперкомпьютеров, но его можно также использовать, опираясь на ключевые слова в конкретной области, что позволяет получать новые модели для конкретных областей знания, в том числе для построения систем финансового обеспечения.

Диагностика и анализ модели позволяют сформировать систему ее потребностей и возможностей на основе семантической модели предметной области сложной экономической системы [6], и, описав их соответствующими показателями, определить расхождение между желаемыми и действительными значениями этих показателей (разность между потребностями и возможностями), т.е. установить «дефициты и потенциалы», имеющиеся в системе. Между элементарными объектами сис-

темы существуют отрицательные и положительные связи, характеризующиеся силой и временем воздействия.

Соответственно, в результате взаимодействия элементарных объектов в инновационном процессе происходит влияние параметров, характеризующих один элементарный объект, на параметры, характеризующие другой элементарный объект. Также можно провести оценку тех или иных управляющих воздействий на систему с помощью сравнительного анализа на основе метода сложных экспертиз А.А. Денисова [1]. Для системы оцениваемые управляющие воздействия должны быть примерно одинаково значимыми, то есть степень их влияния на глобальную цель должна находиться в промежутке от 0.7 до 0.99.

В процессе осуществления управляющих воздействий ситуация может измениться, поэтому следует проводить анализ на начальный, текущий момент и на перспективу.

Для оценки используются следующие показатели:

1. $P_{\text{i}}^{'}$ – вероятность достижения цели при данном управляющем воздействии.

2. q_j – вероятность использования данного управляющего воздействия при реализации поставленной цели.

3. $H_i = -q_i * \log\left(1 - P_i^{'}\right)$.

4. I – данный показатель носит название прагматической информации, то есть полезности : $I = A / \Delta A$,

где A можно интерпретировать эффект от данного управляющего воздействия, а ΔA выступает в роли шкалы измерения, характеризующей, с какой степенью точности нужно учитывать A.

$n = I / H$ и характеризует объем информации о данном воздействии.

Информационный подход, применяемый к анализу управляющих воздействий, позволяет выбрать приоритетное направление как на текущий момент, так и на перспективу.

Результаты применения информационного подхода к анализу управляющих воздействий представлены на рис. 1. Объектом исследования пусть выступит паевой фонд, который рассматривает ряд следующих мероприятий по формированию инвестпрограммы:

$$H_T^1 = 0.64,\ H_T^2 = H_T^{2.1} + H_T^{2.2} = 0.9,\ H_T^2 > H_T^1$$

При анализе управляющих воздействий можно сделать вывод о том, что больший эффект принесет второе, поэтому ему следует уделить больше внимания.

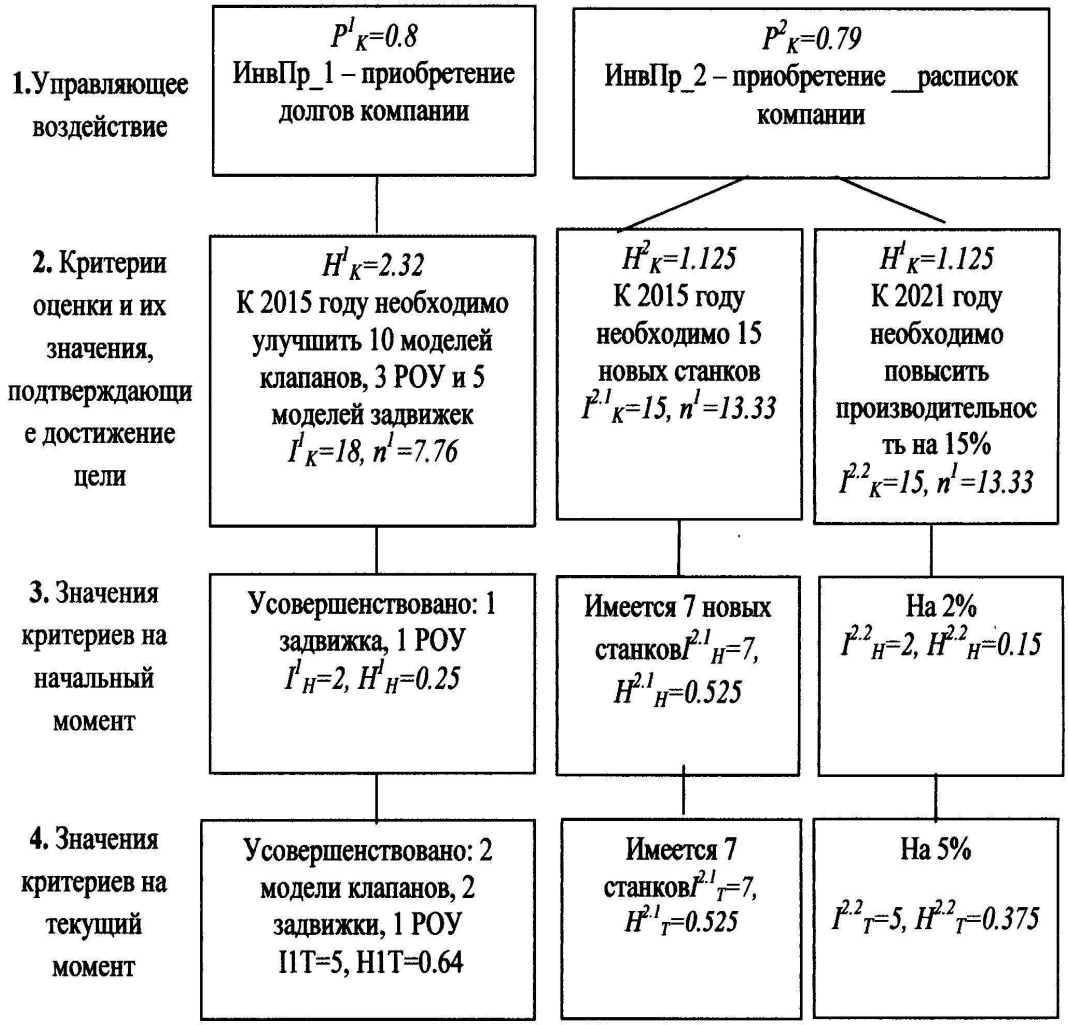


Рис. 1. Результаты применения информационного подхода к анализу управляющих воздействий.

В связи с этим для каждого показателя разработанной нами системы определяется методом нечеткой логики (входные нечеткие лингвистические переменные – потребности, возможности) его состояние в момент времени, и на основе современных ИКТ определяется не только эталонное его значение в семантической модели, но и эмпирическое состояние, разница (наложение) которых и позволяет указать на наличие проблемных ситуаций, рисков и угроз в будущем. До появления ИКТ, работающих с большими данными (big data) планировать управляющие воздействия можно было в результатах действия, а с появлением технологий интеллектуального анализа данных возможности обработки информации значительно расширились, и следует планировать потенциал сложной экономической системы уже в виде взаимосвязанных сетевых графов по разрешению стратегических, оперативных, текущих проблемных ситуаций.

Управление потенциалом системы финансового обеспечения экономической системы для достижения устойчивого развития промышленности в связи со сложностью координации управляющих воздействий в инновационном процессе необходимо осуществлять в постоянном потоке больших данных и лингвистических переменных по основным функциям управления (планирование, организация, координация, контроль или функционального подхода), построенных на логико-лингвистических моделях, ситуационном и системном анализе. Указанные положения являются основой для формирования прототипа системы поддержки принятия решений, при помощи которой эксперты будут иметь возможность более точно прогнозировать инновационную активность в динамике.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта 16-29-12965 (2019) «Разработка методологии и алгоритмических средств для создания эмпирической модели стратегического управления инновационной активностью России на основе технологии интеллектуальной обработки больших данных и машинного обучения».

Список литературы

1. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. 3-е изд. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 304 с.

2. Иванов В.В., Воронов В.С., Воронова Н.С. и др. Современные финансовые рынки / Монография для магистрантов, обучающихся по программам направления // "Финансы и кредит". Москва, 2016. - 571 с.

3. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ задач прогнозирования и планирования развития сложных структур: лингво-комбинаторный подход // Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции. Т.1. СПб.: ФГАОУ ВО СПбПУ, 2018. С. 115-118.

4. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ киберфизических структур / Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции: в 2-х томах // СПб. ФГАОУ ВО СПбПУ. 2017. С. 15-24.

5. Карлик А.Е., Кукор Б.Л., Дымковец И.А., Яковлева Е.А. Актуализация особенностей разработки системы стратегического управления экономикой России. // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. Т. 2. 2017. С. 303-306.

6. Карлик А.Е., Кукор Б.Л., Яковлева Е.А., Соколов А.А. Управление структурными преобразованиями в социально-экономической системе в информационно-сетевой экономике. // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 175-187.

УДК 65.014.1

Покровская Надежда Николаевна[1],
канд. экон. наук, доктор социол. наук, профессор,
профессор кафедры рекламы и связей с общественностью,
Абабкова Марианна Юрьевна[2],
канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры рекламы и связей с общественностью

РОСТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА МАЛОГО БИЗНЕСА С УДЕШЕВЛЕНИЕМ РОБОТОТЕХНИКИ

[1,2] Россия, г. Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[1]nnp@spbstu.ru, [2]ababkova_myu@spbstu.ru

Аннотация. Интеллектуальный капитал населения страны отражает общий уровень владения важнейшими технологиями как на уровне профессионального инженерно-технического специалиста, так и на уровне пользователя. Устойчивый рост оснащенности станками, в том числе, робототехникой по обработке разнообразных материалов (дерева, металла, тканей, пластмасс) и распространение 3D-принтеров позволяют говорить о смене модели малого бизнеса от ручного индивидуального производства к кастомизированному роботизированному производству.

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, инновационный рост, малый бизнес, робототехника, экономика знаний.

Nadezhda N. Pokrovskaia[1],
Professor, Doctor of Social Sciences, Candidate of Economic Sciences
Marianna Yu. Ababkova[2],
Candidate of Economic Sciences, Associate professor

MULTI-LEVEL DECISION MAKING MODELS AND APPLICATION OF THEM IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

[1,2]Russia, St.Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
[1]nnp@spbstu.ru, [2]ababkova_myu@spbstu.ru

Abstract. The intellectual capital of the country's population reflects the general level of mastery of the most important technologies, both at the level of a professional engineering and technical specialist, and at the level of the user. The steady growth in the equipment of machines, including robotics for processing a variety of materials (wood, metal, fabrics, plastics) and the proliferation of 3D printers suggest a change in the small business model from manual individual production to customized robotized production.

Keywords: intellectual capital, innovative growth, small business, robotics, knowledge economy.

Малый бизнес выполняет всё более важную роль в современной экономике, реализуя основные функции, обеспечивающие конкурентные

преимущества, востребованные в условиях инновационного роста экономики знаний индивидуализацию, кастомизацию [4, с. 125], сетевизацию [1] и улучшение сервиса. Если ранее качество продукции и обслуживания в малом бизнесе обеспечивалось за счет ручного производства и личностного выполнения работы [6], то сегодня адаптация продукта или услуги к потребностям каждого конкретного покупателя и ускорение обслуживания опираются на роботизацию и на удешевление машинного труда по сравнению с высококвалифицированным трудом человека.

Изменение бизнес-модели малого предпринимательства связано с применением робототехники, что ранее было практически невозможно из-за сложности приобретения дорогостоящих роботизированных линий и необходимости построения объемной системы обслуживания такого оборудования с привлечением высококвалифицированных инженерно-технических специалистов и рабочих. Сегодня развитие робототехники и переход к массовому и серийному производству роботизированных станков, а следовательно, их резкое удешевление позволяют малым предприятиям и даже индивидуальным предпринимателям приобрести такие станки и в масштабах квартиры (или гаража) создать производство индивидуальной продукции высокого уровня сложности исполнения.

Следует отметить, что успешность страны в инновационном росте экономики в значительной мере отражает способность экспортировать роботизированные технологии, в частности, например, в сфере внешней торговли можно обнаружить устойчивых лидеров в экспорте станков с числовым программным управлением (ЧПУ) – таких, как Германия и Япония [9], и одновременно можно видеть, что Россия занимает крайне низкие позиции по экспорту станков, более того, ввод в действие новых станков в России практически полностью обеспечивается импортом: в 2017 г. более 88% рынка составляет продукция зарубежных производителей, в 2018 г. доля импорта превысила 92% [7], лидером по поставкам станков с ЧПУ в 2016 году являлся Китай (более 34%), в то же время среди поставщиков токарных станков с ЧПУ первое место заняла компания из Лейпцинга (Германия) Emag Leipzig Maschinenfabrik GMBH (5,5%) [8].

На рис. 1 представлены данные по экспорту станков странами мира и по потреблению станков (суммарная стоимость установленных в стране станков) в странах-лидерах, а также в России, Индии и Бразилии:

Как видно из приведенных данных, наибольшим оснащением станками характеризуется Швейцария, существенно обгоняя следующую за ней группу стран – Германия, Южная Корея, Тайвань, которые также являются значительными экспортерами станков.

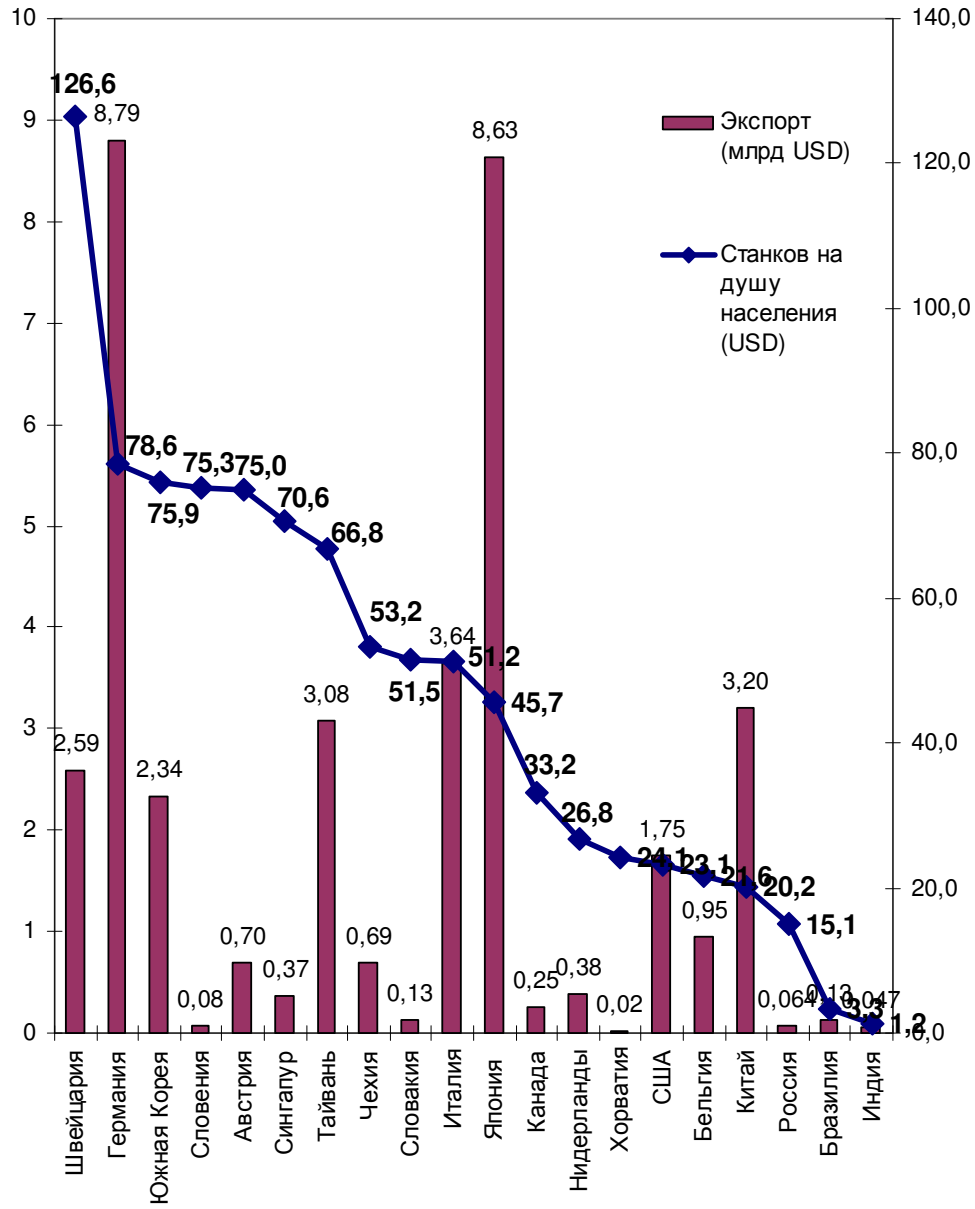


Рис. 1. Эскпорт станков (левая ось, млрд долларов США) и потребление станков на душу населения (правая ось, долларов США) в странах-лидерах (Составлено авторами на основе данных Gardner Research 2016 World Machine Tool Survey [9])

В то же время, если Китай активно экспортирует оборудование, то Россия обладает существенными показателями потребления (оснащенности), а Бразилия и Индия занимают достаточно низкие позиции и по экспорту, и по потреблению станков. Следует, также, отметить возможные искажения в данной статистике, поскольку значительный объем теневой экономики в России не всегда позволяет адекватно оценить потребление станков, в то время как низкие оценки экспорта, вероятно, обладают достаточной точностью.

Сегодня востребованы бизнес-модели с гибкой системой управления и способностью адаптироваться к новым, в том числе, меняющимся

потребностям заказчика. Конкурентоспособность малого бизнеса сегодня определяется способностью удовлетворить изменчивые и одновременно достаточно высокие требования клиентов к качеству и параметрам продукции, что может опираться лишь на высокий уровень интеллектуального капитала как системы знаний, применение которых отражает системную [2] способность регулярно следовать за потребностями рынка.

Определения интеллектуального капитала весьма многочисленны в современной научной и научно-практической (прежде всего, экономико-управленческой) литературе. Анализ понятийно-терминологических изысканий позволяет сформулировать следующие особенности понятия интеллектуального капитала:

- это составной термин, совмещающий прирост («капитал») и продукт человеческого сознания («интеллектуальный»).

- сложное понятие, имеющее структуру и системные взаимосвязи (например, нерешенные вопросы социального и индивидуального в производстве знания);

- комплексное понятие, отражающее различные аспекты функционирования, включая как экономико-управленческие, так и общественно-политические, психологические, организационно-административные и др. компоненты.

Интеллектуальный капитал представляет собой составное понятие, включающее в себя представления о капитале и об интеллекте:

- интеллектуальный актив может быть определен как капитал при условии, что он способен приносить приращение активов (интеллектуальных и иных). С этой точки зрения, предметом изучения интеллектуального капитала выступают не все интеллектуальные достижения человечества, а лишь способные приносить прибыль или лежать в основе новых активов, которые, в свою очередь, позволят построить систему приращения благ (например, достижения фундаментальной науки могут получить применение в прикладных исследованиях и применении);

- капитал, т.е. обладающий потенциальной способностью приращения, приумножения актив, благо, может быть признан интеллектуальным, если он представляет собой результат творческого (в т.ч. умственного) труда человека. Интеллект может быть определен как «относительно устойчивая структура умственных способностей индивида, характеризующаяся уровнем познавательной активности, эффективности индивидуального подхода к ситуации, наблюдательности, памяти, восприятия, внимания, обобщения и сравнения, интеграции и генерации чувственного опыта на уровне представлений и понятий» [3, с. 65].

В этом случае, мы принимаем решение ограничить интеллектуальный капитал только результатами труда человека, т.е. отсекаем интел-

лектуальные продукты, создаваемые машинным интеллектом, который, на момент подготовки данного отчета, не достиг того уровня, когда вычислительные мощности способны производить интеллектуальный продукт, обладающий какой-либо дополнительной потенцией. В способности создавать и приращивать интеллектуальный капитал отражается базовое отличие между интеллектуальными вычислительными системами (компьютерными программами, включая нейросети) и человеком.

Интеллектуальный капитал как сложное понятие включает в себя многослойные уровни и компоненты. Прежде всего, следует отметить стадии жизненного цикла интеллектуального капитала как экономической категории, которые включают в себя:

- зарождение идеи, формирование концептуальных рамок, очерчивающих будущий интеллектуальный продукт, который имеет потенциальную способность стать интеллектуальным активом и войти в интеллектуальный капитал;

- научное, научно-практическое исследование, сбор и анализ данных и творческий синтез, которые позволяют получить результат интеллектуальной деятельности, имеющий форму, которую принимает, по меньшей мере, значимое число ученых и/или профессионалов в определенной сфере (например, подготовка и публикация результатов исследования в форме доклада, статьи, или физическое создание пилотного образца, например, разработка мультикоптера опиралась на признание профессора робототехники Ли Цзэсяна, научного руководителя бакалаврской работы студента Ван Тао, впоследствии создателя компании DJI);

- выявление спроса и возможностей применения;

- оценка коммерческих возможностей формирования массового продукта или процесса;

- завершение жизненного цикла – устаревание интеллектуального продукта.

Соответственно, можно выделить такие компоненты интеллектуального капитала, как творчество (изобретательство, способность к открытию ил созданию нового) и предпринимательство. Креативность можно определить как «способность работника к генерации существенных новых форм в любом виде, которые должны быть эффективны, легко распространяемы и широко используемы» [3, с. 69].

Наконец, интеллектуальный капитал представляет собой комплексное понятие, поскольку включает в себя различные аспекты функционирования, включая как экономико-управленческие, так и общественно-политические, психологические (например, дивергентное мышление), организационно-административные (например, регуляция доступа к интеллектуальному капиталу в форме дотаций или в форме открытого

доступа) и др. компоненты. «Комплексное» означает, что все эти части взаимозависимы, отличаются неоднородностью (например, технологические знания и репутация компании), а точно предсказать результат управленческого воздействия на такой объект невозможно [5].

Малый бизнес способен реализовывать преимущества и сущностные характеристики интеллектуального капитала благодаря личностным и индивидуальным параметрам принятия решений и взаимодействия, отвечающим требованию гибкости и адаптации продукта или услуги к запросам каждого конкретного заказчика. Миниатюризация технических устройств коснулась и оборудования, что позволяет сегодня создавать малый бизнес с роботизированной техникой на крайне малых площадях, при этом такая техника не требует сложного обслуживания. Таким образом, предприниматель более не нуждается в сложных инженерно-технических компетенциях ни для функционирования технологического оборудования, ни для его обслуживания, и может выполнять полностью свою основную часть деятельности – находить ниши не удовлетворенных крупным бизнесом потребностей и удовлетворять спрос конкретных клиентов в узких сегментах рынка, в которых невыгодно работать крупным промышленным предприятиям или агрегаторам услуг.

В заключение следует отметить, что экономика знаний опирается на интеллектуальный капитал населения страны, который может реализовываться как в масштабах крупных инвестиционных проектов, так и в малом бизнесе. Применение робототехники в малом бизнесе отражает способность страны обеспечить лидирующее позиционирование как на уровне государственных достижений, требующих финансирования из бюджета и стратегического целеполагания, так и на уровне кастомизации и индивидуализации удовлетворения потребностей каждого гражданина.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-29-12965\18.

Список литературы

1. Барсукова О.В. Управление процессом трансфера интеллектуальных активов и способы его ресурсного обеспечения / Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Орел: Орловский гос. техн. ун-т, 2008. – 225 с.

2. Волкова, В.Н. Теория систем и системный анализ: Учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. — М.: Юрайт, 2016. — 462 с.

3. Горелов Н.А., Кораблева О.Н. Знание и креативность - основные черты нового социума // Российское предпринимательство. – 2012. – № 2 (100). – С. 63-71.

4. Клементовичус Я.Я., Трифонова Н.В., Покровская Н.Н., Ковалева А.С., Кузакова О.А. Генезис, тенденции и проблемы развития сетевых образовательных программ / под ред. Н.В. Трифоновой, Н.Н. Покровской. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2016. – 163 с.

5. Липатников В.С. Инновационное развитие экономики России и рынок интеллектуальной собственности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2011. № 5(132). С. 163-166.

6. Попова И.П. Профессионализм путь к успеху? (социально-профессиональные характеристики богатых и бедных) / И. П. Попова // Социологические исследования. – 2004. – № 3. – С. 50-57.

7. Рынок деревообрабатывающих токарных станков в России - 2019. Показатели и прогнозы // Tebiz group, Апрель 2019.

8. Рынок токарных станков с чпу в России - 2017. Показатели и прогнозы // Tebiz group, 15 марта 2017. URL: https://marketing.rbc.ru/research/36998/ (дата обращения 20.03.2019).

9. 2016 World Machine Tool Survey // Gardner Research, 2016 Apr 27. – URL: https://www.gardnerintelligence.com/articles/2016-world-machine-tool-survey ; https://www.gardnerintelligence.com/cdn/cms/2016%20WMTS%20Report.pdf (дата обращения 20.03.2019).

УДК 65.014.1

Вэй Фэн[1],
доктор управления, профессор,
профессор Колледжа экономики и управления,
Покровская Надежда Николаевна [2, 3],
канд. экон. наук, д-р социол. наук, профессор,
профессор кафедры рекламы и связей с общественностью

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ОПЫТ ОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ РОССИИ И КИТАЯ

[1] Китай, г. Янлинь провинции Шаньси, Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства
[2] Россия, г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[3] Россия, г. Санкт-Петербург, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена
[1] weifeng@nwafu.edu.cn, [2]nnp@spbstu.ru, nnp@ya.ru, [3]nnp@herzen.spb.ru

Аннотация. Цифровые технологии изначально получили применение в промышленности, но сегодня стремительно внедряются и в агропромышленном комплексе. Понятие Промышленности 4.0 успешно реализуется и в АПК, в то же время исследования показывают, что возможно говорить о сельскохозяйственном прорыве как самостоятельном явлении в практике, что позволяет говорить о Farming 5.0 (Сельское хозяйство 5.0) как новой фазе развития наряду с Информацией 4.0 и 5.0 и с понятием Web 4.0 и 5.0. В статье представлено сопоставление указанных концептуальных понятий и приведены сущностные характеристики современной стадии развития цифровых технологий в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: цифровые технологии, инновации, роботизация, Индустрия 4.0, сельское хозяйство, зеленая революция.

Wei Feng[1],
Professor, Doctor of Management
Nadezhda N. Pokrovskaia[2, 3],
Professor, Doctor of Social Sciences, Candidate of Economic Sciences

DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE AND FORESTRY AND THE RUSSIAN-CHINESE INTERACTIONS EXPERIENCE

[1] China, province Shaanxi, Yanling, North-West A&F University
[2] Russia, St.Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
[3] Russia, St.Petersburg, Herzen State Pedagogical University of Russia
[1] weifeng@nwafu.edu.cn, [2]nnp@spbstu.ru, nnp@ya.ru, [3]nnp@herzen.spb.ru

Abstract. Digital technologies were initially used in industry, but today agricultural sector rapidly introduces them. The concept of Industry 4.0 is successfully implemented in the agro-cultural industries, at the same time, research witnesses of an agricultural breakthrough as an independent phenomenon in practice, which suggests Farming 5.0 as a new phase of development along with Information 4.0 and 5.0 and with the concept of Web 4.0 and 5.0. The article presents a comparison of the above conceptual notions and presents the essential characteristics of the modern stage of development of digital technologies in agriculture.

Keywords: digital technologies, innovations, robotization, Industry 4.0, agriculture, green revolution.

The broad practice of the implementation of high technologies and digital tools in the agricultural sector became the subject of research since the middle 2010s. The rapid growth can be illustrated with the increase of the number of agricultural high-tech companies (they were 20 in 2010 and more than 1 300 companies appeared by 2016 [7]) and the rise of the investment with the annual rate of approximately 80% in 2012-2015 [4].

The agriculture is traditionally treated as "primary" sector, the interest of scholars and managers is usually centred on the industry (the secondary sector) and service (tertiary one). But since the second half of the XXth century, the agrarian sector has been introducing the elements of the industry, and today the term agro-industrial complex covers both the agricultural elements of industries (e.g., multi-floors automated farms or food producing units) and services (e.g., food safety control, environmental and cultural issues and limits for different kinds of components, logistics, etc.). The agricultural industries have the high potential for innovations and high-tech growth.

The dynamics of the industrial evolution of the agricultural sector can be considered as a new revolution, following the rang of the 4 previous deep changes [3, p. 7]:

- Farming 1.0 (mechanization in the 1900),
- Farming 2.0 (the Green revolution),
- Farming 3.0 (Precision agriculture);
- Farming 4.0 in the early 2000s with digital farming becoming the key in real time farm management systems;
- Farming 5.0 with the increasing role of Artificial intelligence revolutionizing the way food will be produced, treated, saved, transported.

We can propose the following comparative approach to conjugate the evolution of industrial, information and agricultural technologies (table 1):

Table 1

The Revolutions in industries, agriculture and information technologies

No	Industry	Agriculture	Information	Web
0.0	Physical energy of people and animals	Physical energy of people and animals	Facts	Internet
1.0	Mechanization, steam and water-power	Mechanization	Structured data	Catalogue
2.0	Electricity. Production lines	Green revolution, biotechnologies	Related information	Interaction, social media
3.0	Electronics and IT for automation	Precision agriculture	Contextualized data for making decision	Meta-data, semantics
4.0	Cyber-physical systems	Digital farming, management systems	Big data analytics Reason-consequence logical links	IoT Distributed ledgers
5.0	Cognitive modeling	Artificial intelligence modeling, platforms for fast experiments	Creativity. Wisdom, embedded with values and beliefs	Ideas, Value network. Regulation

The innovative growth in the agricultural sector includes the following groups of high technological changes:

1) Automation and data-enabled agriculture:

- Sensors, Robotics, digital twins
- Fog and edge computing
- Data capture, collecting, structuring, storage and aggregation
- Multi-copters, drones and space governance technologies
- Recognition of objects, plants and animals, people or equipment

The use of drones equipped with hyper-spectral cameras allows farmers to monitor the state of areas, the various types of sensors (evaluating humidity, temperature, chemical composition of the surface and air, and other char-

acteristics) provides significant savings on collecting data, on preventing crop losses from pests or diseases. The hyper-spectral cameras can determine freshness, fat, sugar and other substances in every object of the crop, livestock and fish farming products, i.e., to automate the sorting and packaging of products or to fully control the quality of goods supplied instead of selective studies of product samples, for example, to confirm the high quality of premium meat.

The recognition of faces, objects and plants are used to automate manual labour, e.g., a robot for weeding fields with weed recognition and collecting statistics. The digital twins are implemented in agricultural machinery in numerous fields, from greenhouses to tractors.

The Chinese system of the societal assessment and social rating with national coverage is based on the implementation of the recognition technologies for the total society. The economic or social actions are identified and classified, the evaluation of actions leads to the constructed trajectory of the agent within the societal structure. This experience is interesting for the improving the wide surfaces of fields and forests, along rivers and over the lakes, especially, taking into account the Russian positioning on the market of quotas of CO2 emissions due to the Kioto protocol. These technologies could help to create an automated system of sale of quotas according the green surfaces.

The development of the Chinese machine-building industry permits to assure the supply of machines, equipment and transport techniques for all sectors of agriculture, forestry, livestock and fisheries. The lack of agricultural equipment in Russia leads to an increase in exports of this group of goods with high value added from China to the areas of Russia located close to the China-Russia border.

2) Physics and biology research, environmental technologies:

- Light-emitting diode
- chemicals
- aeroponics, hydroponics.

The use of aeroponics and hydroponics, of the LED sources with an optimal emission spectrum for photosynthesis and vertical and mobile farms help to protect soil resources. These technologies are based on the control of the composition of the nutrient solution, temperature and humidity of the environment, that allows communities to build agro-industrial production in densely populated regions with high cost of land. Another option is to create agricultural production on trucks that leads to saving on logistics and transportation to the final consumer.

3) bioscience

- New crops

- Genetics
- Seeds
- Bio-pesticides and bio-stimulants

The cell biology and cell culture technologies help to obtain a biological mass of eggs, muscles and skin without raising animals, i.e. from an ethical point of view, the content of proteins and other substances is identical to poultry meat, but there is no killing of animals.

The traditional agricultural technology can use the inventions and innovations to improve the yields with new fertilizer, to enhance animals' health, to change the features of the fostered plants.

4) Regulative mechanisms and economic models
- Management, logistics, financial technologies
- Sharing economy, e.g., the common use of equipment

The financial technologies based on mobile devices greatly simplify and reduce the cost of access for farmers to services such as obtaining loans based on remote financial scoring, risk insurance, analysis of stock trends, including prices for agricultural products, etc.

The new technologies permit the waste reduction and the collection of previously unused agro-production waste, i.e., waste from the production of apple and orange juice, grape squeezing, etc.

5) Infrastructure
- Connectivity, penetration of internet, communication networks
- Competences and training
- Research competences on the level of experiments in small farms

The use of smart space management technologies - along with the technologies of smart houses, streets and cities, smart greenhouses and smart fields make it possible to optimize the costs of irrigation, the use of fertilizers, the day and nights regime (which is especially effective in animal husbandry); GPS monitoring technology for locating and tracking livestock movements and digital mobile technologies for determining the state of animal health.

In October-November 2017 the North-West University (Yanling, province Shaanxi, People' Republic of China) has organized the International Seminar on China-Russia Sci-Tech Cooperation and Challenge Under the Background of "The Belt and Road". During this Seminar, the visits of labs and farms were organized, the most of the technologies mentioned above were presented to Russian guests in reality of the working research or practice enterprises. This experience has demonstrated that the advanced technologies and innovations are implemented and verified in the real economy [5] and are adapted to the needs of the global export of the Chinese agricultural production as well as of the Chinese technologies and equipment.

Today, China is the global leader in export, but the People' Republic of China imports agricultural several products such as rice, pork, cereals and grains, soybeans. The limited surfaces of the farm land – only 10% of the grounds are available for agriculture, the country possesses 7% of global arable lands, but 18.7% of global population [1] (about 1.4 billion people). 40.42% of the population live in rural areas and are engaged in agriculture [2].

Nevertheless, China exports apple and apple juice, kiwi and other fruits, vegetables, nuts.

The agricultural policy in Russia and in China has several common points: incentives for innovations and development of the rural infrastructure; improvement of efficiency and productivity; the inclusive growth and increase of the regional and local life quality standards [6] and social goals for rural population; food safety, from both the quantitative and qualitative points of view.

Today the communication technologies and reputation management play significant role for the development of the interaction between Russia and China in the field of the agricultural trade and cooperation. The digital tools could help to improve the image and reputation of the food produced on the territory of China due to the transparency of the chemical innovations' use: numerous fertilizers implemented in China are unknown for Russian controlling State institutions, the openness could improve, facilitate and accelerate the mutual contacts between the agricultural industries of the both countries.

To conclude, it is worth to mention that Russia and China both are large countries with huge surface, with different and difficult climate conditions and with long common border. These circumstances create mutual interest of both countries to the questions of the food safety and agricultural development.

The digitizing of the use of the natural resources such as land, water, forestry and the digital technologies of the improving production and environment will play crucial role for the development of the countries in the nearest and long-term prospective.

References

1. Шамин А.Е., Вождаева Н.Г. Опыт решения аграрных проблем в сельском хозяйстве Китая // Вестник НГИЭИ. 2011. №2 (3). – С. 5-19.

2. Численность населения Китая за год увеличилась на 5 млн человек // Ежедневные новости Востока, 22.01.2019. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://novostivl.ru/post/68953/ (дата обращения 01.02.2019).

3. Moving towards Farming 5.0 // FAO China Newsletter, March 2019, Issue 1. - Beijing, China: FAO, 2019. URL: http://www.fao.org/3/ca3606en/CA3606EN.pdf (retrieved 22.03.2019).

4. Walker D., Kurth T., Van Wyck J., Tilney M. Lessons from the Frontlines of the Ag-tech Revolution // The Boston Consulting Group. – 2016, Oct 25. – URL: https://www.bcg.com/publications/2016/process-industries-building-materials-strategy-lessons-frontlines-agtech-revolution.aspx (retrieved 20.03.2019).

5. Wei F., Pokrovskaia N.N. Regulatory mechanisms and Tax incentives for the transfer of Knowledge: China experience // Conference "Modern Management challenges and perspectives" (ed. Karlik A.E.). – SPb: State University of Economics, 2016. – 374 p. – P. 244-250.

6. Wei Feng, Pokrovskaia N.N. Regulation of innovative systems of national, local and clusters' territory // Management Faculty Journal of St-Petersburg State University of Economics. 2017. Issue. 1, vol. 2. – Pp. 367-371.

7. Wiggins S. Agricultural and rural development reconsidered. A guide to issues and debates / IFAD Research Series No. 1. – Rome, IFAD, 2016.

УДК 539.12

Михайлов Константин Игоревич,
аспирант

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет,
k.mikhaylov@gmail.com

Аннотация. В статье анализируются имеющиеся программные средства и предлагается новый подход к мониторингу и анализу высоконагруженных информационных систем в условиях их динамического развития на основе современной технологии контейнеризации и микросервисов при сохранении доступности Интернет сервисов в режиме 24/7. Предложенные модели и методы приняты к реализации в компании SAYMON, предоставляющей информационные услуги мониторинга на мировом рынке Интернет технологий.

Ключевые слова: облачные вычисления, мониторинг, высоконагруженная система, Интернет приложение, микросервис, контейнеризация, системный анализ.

Konstantin I. Mikhailov,
PhD Student

ANALYSIS OF MONITORING SOFTWARE FOR HIGH LOADED

CLOUD INFORMATION SYSTEMS

St. Petersburg, St. Petersburg Polytechnic University,
k.mikhaylov@gmail.com

Abstract. Existing monitoring software is analyzed and new approach is proposed to monitor and analyze the high loaded information systems under condition of dynamic development using modern technique of containers and microservices for 24/7 Internet service availability. Proposed models and methods are implemented in SAYMON Company providing monitoring information services in the Internet technologies worldwide.

Keywords: cloud computing, monitoring, high loaded system, Internet application, microservice, containers, system analysis.

В наши дни фаза развития компьютерной техники и научно-технического прогресса формирует возможности для проникновения цифровых услуг во все области человеческой деятельности. Услуги телефонии, банковского обслуживания, государственных услуг и других секторов экономики во всех странах развиваются и в основном мигрируют на технологии частных и публичных облачных вычислений и хранения данных.

Использование популярных сервисов компаний Amazon, Google, Microsoft, Яндекс и др., равно как и построение полностью контролируемых облачных инфраструктур, сопряжено с необходимостью оперативного контроля производительности и доступности ресурсов и услуг/сервисов с целью оптимизации объемов использования и стоимости, предоставления необходимого и достаточного уровня обслуживания потребителей, защиты персональных данных пользователей. Для облачных инфраструктур крайне актуальны вопросы мониторинга и автоматизированного управления, которые не решаются полностью традиционными методами, описанными в библиотеках ITIL и eTOM [1].

Анализ актуальных данных об облачных вычислениях [2–6] показал, что для соблюдения уровня соглашения по обслуживанию пользователей (Service Level Agreement, SLA) необходимо иметь собственные средства мониторинга о качестве предоставления услуг. Это особенно важно при комбинации облачных сервисов разных производителей и гибридной технологии публичной и частной облачной архитектуры.

Традиционным подходом является создание каталога облачных услуг с подробным описанием каждого из сервисов и их целевых функций. Но для современных облачных контейнерных технологий виртуализации с высокой динамикой обновления микросервисов

необходим принципиально новый подход, т. к. команды разработчиков могут делать обновления программного продукта по нескольку раз в день, требуя нового уровня автоматизации и мониторинга:

– использование средств сквозного опроса диапазонов сетевой адресации;

– получение данных от средств автоматического развертывания и внедрения;

– механизмы управления и получения данных виртуальных контейнерных сред;

– автоматическая регистрация вновь созданных микросервисов в системе мониторинга;

– анализ сетевого трафика и журнальных событий.

Использование классических статистических методов в условиях непрерывного удаления и пересоздания микросервисов не дает положительный результат. В этом случае оправданно говорить о сравнении со статистикой ранее работавших ресурсов (контейнеров) аналогичного типа. Мы предлагаем переносить модели «поведения» от одних уже исчезнувших или еще работающих ресурсов к новым. С учетом массовости параллельного сосуществования однотипных контейнеров в облачной среде, задача формирования релевантной модели поведения становится особенно актуальной.

Предложенные модели и методы автоматизированного мониторинга и анализа микросервисов и сетевого трафика высоконагруженных Интернет систем дают дальнейшую возможность предсказательной аналитики – выявления отклонений в работе информационных ресурсов и предоставлении Интернет услуг. Обнаруженные отклонения могут быть автоматически определены на основе накопленных статистических данных и исправлены программными средствами мониторинга, не дожидаясь обращения клиентов в службу технической поддержки.

Описанный подход к автоматизированному мониторингу высоконагруженных информационных систем рекомендован к использованию и реализован в программных продуктах компании SAYMON [7]. Ожидаемый результат – динамическое отслеживание зависимости предоставляемых Интернет сервисов и имеющихся вычислительных ресурсов, автоматическое описание конфигурации инфраструктуры контейнеров и микросервисов, возможности предсказательной аналитики и превентивного обслуживания, а также экономное масштабирование ресурсов при максимально качественном

предоставлении услуг Интернет клиентам.

Заключение

Современные информационные системы развиваются быстрыми темпами и должны реагировать на новые потребности Интернет клиентов. При высоких нагрузках в режиме 24/7 и больших объемах обрабатываемых данных любые изменения в программное обеспечение существенно влияют на его функциональность. Поэтому важно оперативно вносить изменения в информационную систему, не влияя на ее общую работоспособность.

Список литературы

1. Cartlidge A., Hanna A., Macfarlane I., Windebank J., and Rance S. An Introductory Overview of ITIL V. 3. – itSMF Ltd, 2007.
URL: http://www.itilnews.com/uploaded_files/itSMF_ITILV3_Intro_Overview.pdf.

2. Мещеряков С. В., Иванов В. М. Методы оптимального проектирования баз данных производственного оборудования. – СПб: СПбГПУ, 2012.

URL: http://gpupress.ru/

3. Кучерова К. Н., Мещеряков С. В., Щемелинин Д. А. Сравнительный анализ систем мониторинга глобально распределенных вычислительных комплексов // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции, Ч. 2, СПб, СПбПУ, 2016.
URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/k16-18.pdf/info.

4. Next Generation Cloud Computing: New Trends and Research Directions Blesson. – Varghese School of Electronics, Electrical Engineering and Computer Science, Queen's University Belfast, UK Rajkumar Buyya Cloud Computing and Distributed Systems (CLOUDS) Laboratory School of Computing and Information Systems, The University of Melbourne, Australia, 2017.

URL: https://arxiv.org/pdf/1707.07452.pdf.

5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-5-2016.

URL: http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=205420.

6. Романов В. Ю. Визуализация и анализ больших программных систем с помощью их трехмерного представления. – International Journal of Open Information Technologies, Vol. 2, No. 5, 2014. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vizualizatsiya-i-analiz-bolshih-programmnyh-sistem-s-pomoschyu-ih-trehmernogo-predstavleniya.pdf

7. Мониторинговая система SAYMON.

URL: https://saymon.info.

УДК 004.021

Пушкарев Роман Андреевич,
студент

ПРИМЕНЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

Россия, Нижний Новгород, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (603950, Нижний Новгород, ГСП-41, ул. Минина, 24),
e-mail: pushkarev.roman.andreevich@gmail.com

Аннотация. Данная работа посвящена изучению возможности разработки системы интеллектуальной поддержки контейнеризации приложений. Разрабатываемая система основана на использовании семантической сети для автоматизации сборки необходимого набора компонент результирующего web-приложения. Практическое значение заключается в повышении уровня автоматизации посредством внедрения семантической сети, что позволит исключить необходимость ручного подбора программного обеспечения под конкретный проект и значительно упростить множественное развертывание типовых конфигураций, реализуя возможность сбора необходимого программного обеспечения в связанные между собой контейнеры.

Ключевые слова: онтология, семантическая сеть, виртуализация, контейнеризация, автоматизация, web-приложение, инфраструктура.

Roman A. Pushkarev,
Student

APPLICATION OF SEMANTIC WEB FOR AUTOMATION OF THE CONTAINERIZATION OF WEB-APPLICATIONS

Russia, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (603950, Nizhny Novgorod, GSP-41, Minina street, 24), e-mail: pushkarev.roman.andreevich@gmail.com

Abstract. This work represents the research of developing a system of intelligent support for containerization of web-applications. The developed system is based on the use of semantic network to automate the assembly of the required set of components of the resulting application. The practical value is to increase the level of automation through the introduction of a semantic network, which will eliminate the need for manual selection of software for a specific project and greatly simplify the multiple deployment of standard configurations, implementing the ability to collect the necessary software in related containers.

Keywords: ontology, semantic network, virtualization, containerization, automation, web-application, infrastructure.

Введение

Общепризнанно, что информационная инфраструктура любого уровня должна основываться на принципах обеспечения совместимости и способности к взаимодействию входящих в информационную среду компонент (интероперабельности), а также на стандартах и технологии открытых систем, проблемы развития которых, согласно решению государственной академии наук, включены в программу фундаментальных исследований России на 2013-2020 гг.

С позиций открытых информационных систем исследуются современные web-приложения, которые собираются из компонент и выполняются в гетерогенной среде глобальных вычислительных сетей.

В настоящее время ведутся активные исследования в области структурного синтеза информационных систем, и, в частности, это касается вопросов компонентной сборки web-приложений. Известные подходы и реализующие их средства, такие как Ant, Maven, Gradle и другие решают эту задачу "в лоб", запрашивая у пользователя формализованные списки с описанием компонент, на основании которых осуществляется их поиск и генерация файлового состава web-приложения. При этом вопросами подбора компонент под конкретные задачи занимается сам разработчик, что приводит зачастую к большим временным затратам и многочисленным ошибкам, из-за которых часто возникает необходимость изменения состава web-приложений даже на поздних стадиях его разработки.

Таким образом, процесс компонентной сборки и поддержки развертывания web-приложений является актуальной задачей, требующей развития семантических моделей, а также информационно-поисковых алгоритмов.

1. Постановка задачи

В рамках данной работы было необходимо построить инфраструктуру создания и развертывания web-приложений, исследовать возможность ее автоматизации посредством внедрения контейнеризации и семантической сети для автоматизации.

2. Экспериментальная модель

Перечень используемого ПО и технологий:

1. Windows 10. 2. Ubuntu 16.04 Desktop. 3. Java SE Development Kit 8. 4. IntelliJ IDEA 2017 Ultimate. 5. PostgreSQL 9. 6. Apache Tomcat. 7.Spring Framework 4. 8. PhpPgAdmin. 9. TeamCityэ 10. Slack. 11. Trello.

Схема итоговой инфраструктуры представлена на рисунке 1.

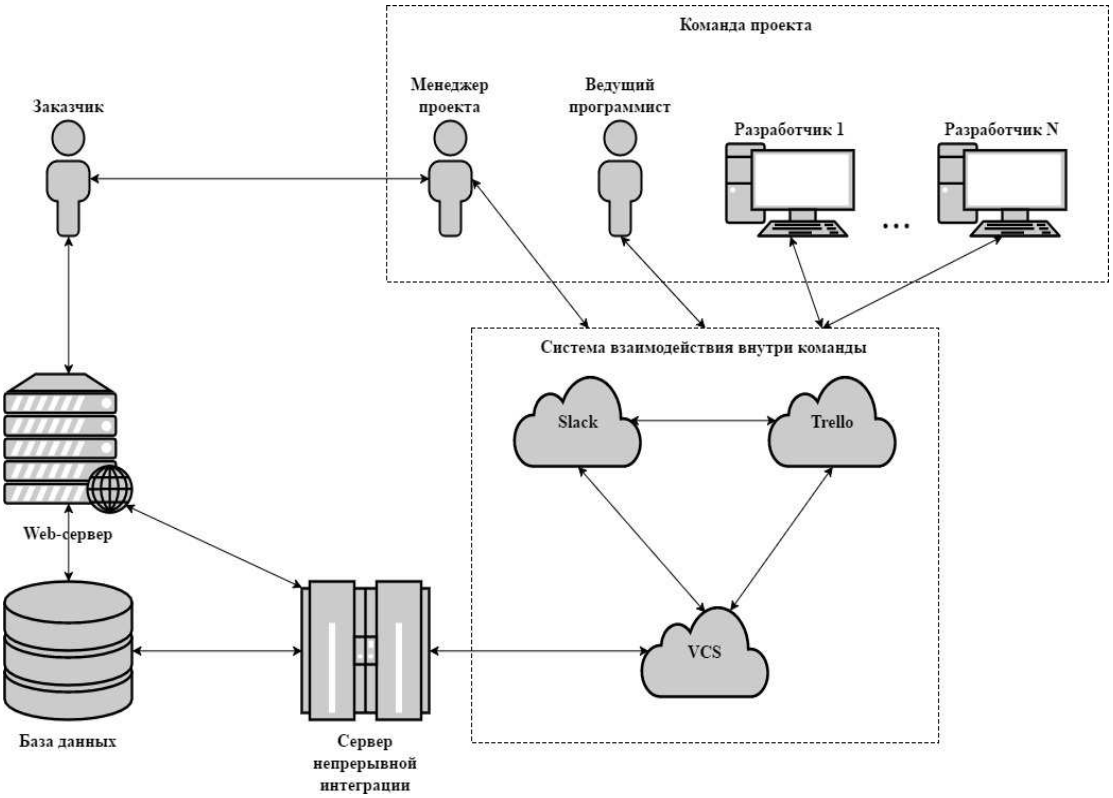


Рис. 1. Типовая инфраструктура разработки web-приложения

Из нее видно, что одним из элементов процесса создания ПО является необходимость взаимодействия заказчика с менеджером проекта, который в свою очередь взаимодействует с разработчиками. Данное взаимодействие является человеческим фактором и как следствие чаще всего становится причиной возникновения проблем в процессе разработки ПО.

3. Исследование возможной модификации

Человеческий фактор можно уменьшить посредством внедрения системы интеллектуальной поддержки развертывания приложений, которая может быть разработана с применением семантических сетей.

Семантическая сеть является одной из моделей представления знаний. Основное преимущество этой модели – в соответствии современным представлениям об организации долговременной памяти человека. Семантические сети объединяют синтаксис, морфологию и семантику языка, они используют полные словари, тезаурусы и другие семантические ресурсы, предоставляя в распоряжение пользователей встроенную базу знаний для ведения интеллектуального поиска информации. [1] Семантическая сеть – информационная модель предметной области, получившая своё название от способа представления, имеющего вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними.

Для упрощения взаимодействия между элементами семантической сети возможно использование средств виртуализации – контейнеризации.

Контейнер обеспечивает виртуализацию на уровне операционной системы с помощью абстрагирования «пользовательского пространства». У них есть изолированное пространство для запуска приложений, они позволяют выполнять команды с правами суперпользователя (root), имеют частный сетевой интерфейс и IP-адрес, пользовательские маршруты и правила межсетевого экрана и т. д., однако, контейнеры разделяют ядро хоста с другими контейнерами. Контейнеры упаковывают только пользовательское пространство, а не ядро или виртуальную аппаратуру, как это делают виртуальные машины. Каждый контейнер получает свое собственное изолированное пользовательское пространство для обеспечения возможности запуска нескольких контейнеров на одном хосте. Архитектура уровня операционной системы разделяется между контейнерами, именно поэтому контейнеры настолько легковесны. [2, 3].

Исходя из всего вышеописанного можно сделать вывод о возможной применимости семантических сетей в разработке ПО следующим образом: есть множество модулей ПО, которые могут быть использованы для получения конечной требуемой конфигурации web-приложения, при этом уровень автоматизации достигает такого уровня, что заказчику достаточно описать требования к приложению в свободной форме с некоторыми ключевыми словами, после чего с помощью семантической сети автоматически будет сформирован набор необходимых модулей, который может быть сразу упакован в контейнер для виртуализации, либо доработан разработчиком под нужды заказчика.

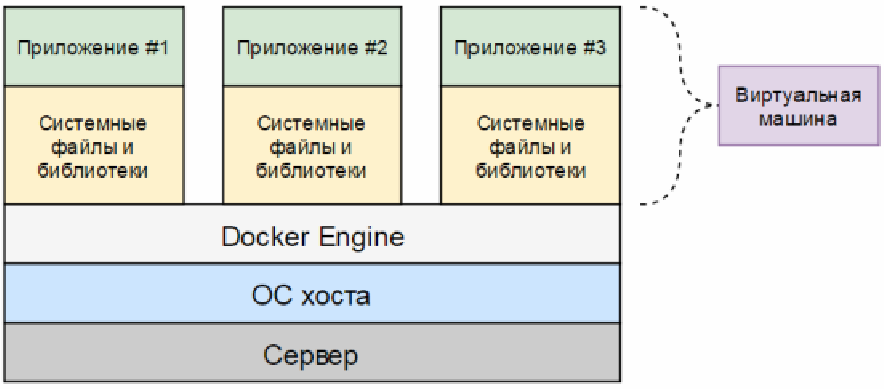


Рис. 2. Архитектура платформы контейнеризации Docker

Семантическое описание

Описание простейшей семантической сети для web-приложения для наглядности может быть представлено в виде графа (рис. 3).

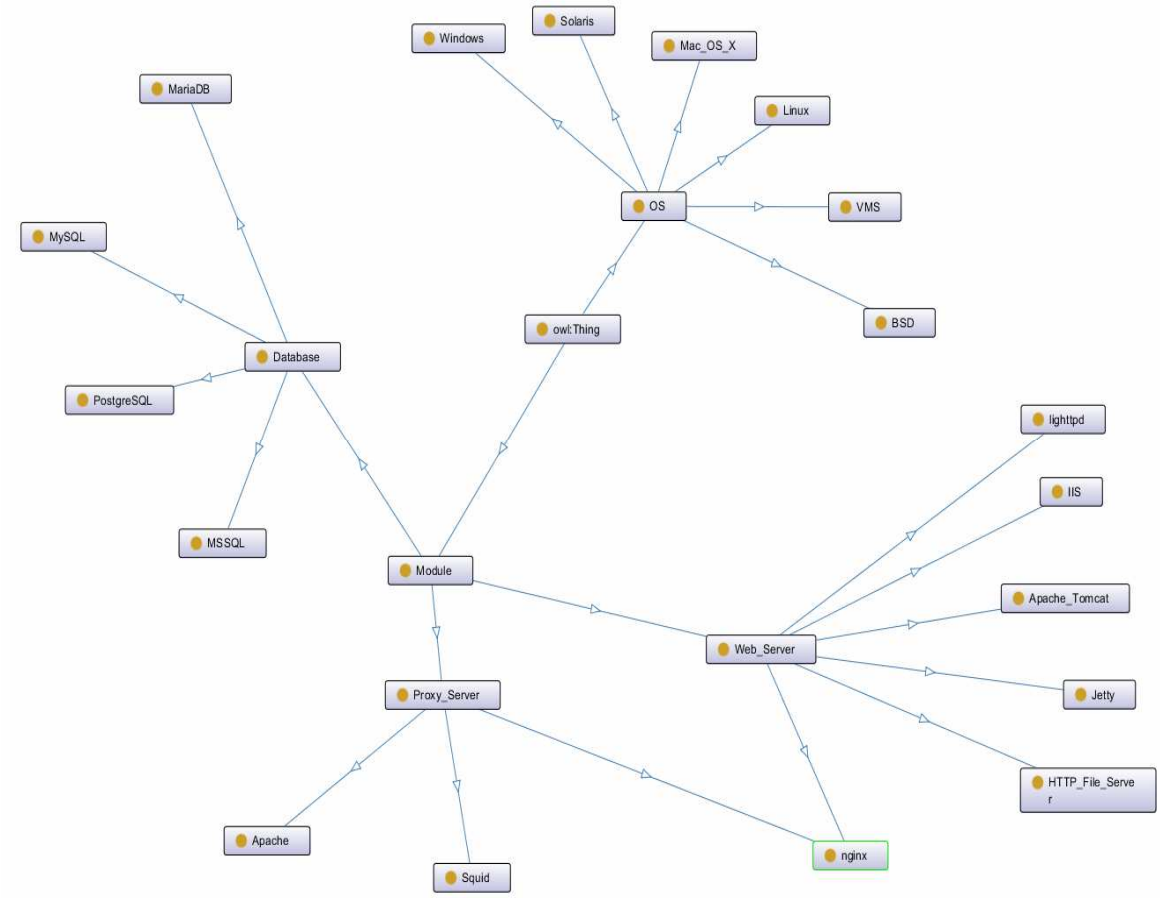


Рис. 3. Семантическая сеть в виде графа

Так элемент «nginx» одновременно принадлежит «web_server» и «Proxy_Server», так как обладает именно такой функциональностью. Каждый элемент можно описать набором свойств, которые далее помогут выполнять глобально однозначные запросы с помощью языка SPARQL и формировать конфигурационное описание для множественной связанной контейнеризации.[4, 5].

Заключение

Таким образом в ходе работы был продемонстрирован сценарий использования компонентной сборки на базе семантической сети, что позволяет снизить временные затраты и сократить число ошибок на этапе структурного синтеза web-приложения. На основе таких моделей и алгоритмов могут быть построены инженерные решения, которые рекомендованы к применению при проектировании, реализации и сопровождения web-приложений, а также при создании интегрированных решений на основе различных программных компонент. Может быть создана технология формирования облачных

баз знаний поддержки генерации стандартизированных профилей web-приложений с возможностью последующего развертывания.

Список литературы

1. Балашова Т.И. Базы данных. Семантические модели данных. // Нижний Новгород. – 2010. – URL http://isu.nntu.ru/doc/bd_2.pdf.
2. Подорожный И. В., Светличный А. Н., Подлеснов А. В. Введение в контейнеры, виртуальные машины и docker // Молодой ученый. – 2016. – №19. – С. 49-53. – URL https://moluch.ru/archive/123/33873/
3. Joakim Verona. Practical DevOps: Implement DevOps in your organization by effectively building, deploying, testing, and monitoring code. // Packt Publishing. – 2018.
4. Ontology Engineering with Ontology Design Patterns: Foundations and Applications. Pascal Hitzler, Aldo Gangemi, Krzysztof Janowicz, Adila Krishnadi, Valentina Presutti. // IOS Press. – 2016.
5. Jez Humble, David Farley. Continuous Delivery: Reliable Software Releases through Build, Test, and Deployment Automation. // Addison-Wesley Professional. – 2010.

УДК 004.942

Мяэ Михаил Александрович,
студент

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭВАКУАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА

Россия, г. Санкт-Петербург, студент СПбПУ, michail.myae@gmail.com

Аннотация. В наше время, несмотря на новейшие технологии и высокие вычислительные мощности компьютерных средств, до сих пор существует проблема долгого моделирования путей эвакуации при чрезвычайных ситуациях. Это можно наблюдать при работе с большинством программных средств, применяемых для решения таких задач и использующих алгоритмы, применяемые к каждому эвакуирующемуся субъекту в отдельности. В настоящей статье описаны различные методы моделирования и оптимизации эвакуации с использованием клеточного автомата и ориентированных графов типа «транспортная сеть». В качестве примера приводится модель эвакуации с палубы наводного судна.

Ключевые слова: эвакуация, моделирование, клеточный автомат, оптимизация.

Mikhail A. Miae,
Student

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF EVACUATION USING A CELLULAR AUTOMATA

Russia, Saint Petersburg, student SPbPU, michail.myae@gmail.com

Abstract. Nowadays, despite the latest technologies and high computing power of computer tools, there is still a problem of long-term modeling of evacuation routes in emergency situations. This can be observed when working with most software tools used to

solve such tasks and using algorithms applied to each evacuating subject separately. This article describes various methods for simulating and optimizing evacuation using a cellular automaton and oriented graphs of the “transport network” type. As an example, a model of evacuation from the deck of a flood vessel is given.

Keywords: evacuation, simulation, cellular automata, optimization.

Актуальность. Области исследования моделирования эвакуации и оптимизации эвакуации до недавних пор рассматривались исключительно обособленно друг от друга. Инструменты, используемые на практике, предоставляют инженерам только алгоритмы моделирования, тогда как подходы, основанные на временных транспортных сетях, в основном применяются только в теоретических исследованиях. Наилучшим образом справиться со сценариями бедствий всегда было важной задачей. В частности, важно ответить на вопросы, сколько времени потребуется, пока все люди, находящиеся в зоне, находящейся под угрозой пожара [1] или другого чрезвычайного происшествия, будут в безопасности и как оптимизировать процесс эвакуации, а также, как управлять эвакуацией. В до-цифровую эпоху было обычным делом, что расчеты и оптимизация времени выхода выполнялись экспертами с большим опытом и интуицией. С тех пор появились многочисленные компьютерные имитационные модели, которые широко используются на практике в настоящее время. Многие из существующих программных инструментов являются коммерческими, но существуют также бесплатные программные инструменты с открытым исходным кодом. Таким образом, модель эвакуации может быть построена с использованием меньших ресурсов, как вычислительных, так и материальных.

Цели и задачи работы. Целью данной работы является описание простой структуры преобразования, которая может быть использована для автоматической генерации различных путей эвакуации исходя из геометрии помещения, из которого производится эвакуация, и структуры чрезвычайной ситуации. Данные для построения модели были получены из ячеек клеточного автомата. Кроме того, данная структура позволяет объединить моделирование и оптимизацию потоков людей для дальнейшего улучшения результатов эвакуации.

Результаты. В качестве визуализатора результатов моделирования использован программный продукт ZET с открытым исходным кодом, в который вносились небольшие изменения.

Программные продукты для моделирования эвакуации. На рынке в данный момент присутствует множество программных продуктов подобного профиля, как коммерческих, так и свободно распространяемых. Одними из самых удачных продуктов с открытым исходным кодом являются MATSim и zet, которые хорошо подходят для академического

использования и исследований [2, 3]. В то время, как MATSim разработан специально для крупномасштабных эвакуационных симуляций, zet специально разработан для моделирования эвакуации при пожаре [4] в зданиях. Существующие подходы к моделированию эвакуации зданий (и аналогично для морских судов и других сравнительно небольших сооружений) используют микроскопические модели. Такие модели позволяют очень детально моделировать как структуру чрезвычайной ситуации (очаги возгорания, зоны с повышенным задымлением, обвалы внутренних помещений объекта моделирования), так и поведение эвакуирующихся людей. Из-за их размера, крупномасштабные эвакуации обычно моделируются в макроскопической обстановке, которая широко абстрагируется от отдельных людей и детальных структур. Также моделирование крупномасштабной эвакуации требует больших ресурсов, чем моделирование эвакуации из небольших объектов.

Параллельно с разработкой более совершенных имитационных моделей, разрабатываются и комбинаторные модели для решения вопросов эвакуации [5]. Эти разработки используют сетевые потоки в основном в простых моделях, которые в значительной степени абстрагируются от фактической структуры здания. Исследования показывают, что транспортная сеть может использоваться для получения значимых результатов для сценариев эвакуации, даже если они абстрагируются от множества конкретных индивидуальных свойств, таких как различия в скорости ходьбы разных людей [6]. Тем не менее, в упомянутых работах много усилий было уделено настройке структуры и параметров сети, таких как время прохождения. Таким образом, подходы к оптимизации с использованием временных транспортных сетей и моделирования были разработаны параллельно и не объединялись. Однако сочетание обоих этих подходов может быть использовано для создания третьего, включающего в себя только положительные качества двух своих предшественников. Если сценарий эвакуации моделируется динамической сетью, результаты моделирования могут также использоваться для автоматического вычисления времени прохождения по дугам графа. Такие решения могут быть приняты автоматически с использованием результатов моделирования поведения эвакуирующихся людей.

Чтобы подобную модель можно было использовать на практике, например, для реализации в существующих программных продуктах, должна быть возможность автоматически генерировать соответствующие структуры транспортных сетей для зданий или других сооружений с похожей структурой. Сетевая модель должна быть достаточно точной, чтобы генерировать наиболее точные результаты, но, с другой стороны, не должна быть слишком подробной. В этом случае размеры сети значи-

тельно увеличиваются, если применяется расширение по времени, и легко достичь перегрузки ресурсов за счет времени работы и требуемого пространства памяти даже на современных машинах. В ранних версиях подобных моделей было очень мало узлов как раз-таки из-за ограничений, вызванных нехваткой вычислительной мощности компьютеров того времени. Более детальные модели используют по одному узлу для каждой комнаты, соединенные дугами, проходящими через двери. В случае, если один тип узлов может быть использован для обозначения помещений, таких как офисы или, в случае с морским судном, каюты, необходимо ввести другой тип узлов для других помещений, таких как коридоры. Подход к генерации мелко градуированных моделей, основанный на семантическом анализе структуры здания, представлен в других исследованиях. Поскольку такой метод требует ресурсозатратных расчетов, был предложен другой метод для автоматического создания сетей с разумным уровнем детализации путем разделения геометрии здания на прямоугольные области переменного размера. Данный подход работает полностью автоматически и основывается на дискретной структуре клеточного автомата. Таким образом, реализация данного метода может быть легко адаптирована к существующим программным продуктам, используемым для имитации на основе клеточных автоматов.

Построение пробной модели. Один из рассмотренных ранее программных продуктов – ZET состоит из трех основных компонентов [3]. Работа с данным программным продуктом обычно начинается с использования редактора для моделирования сценария эвакуации путем предоставления структуры здания и указания позиций эвакуируемых людей. Окончательный результат может быть представлен с использованием компонента визуализации. Пример визуализации приведен на рисунке далее

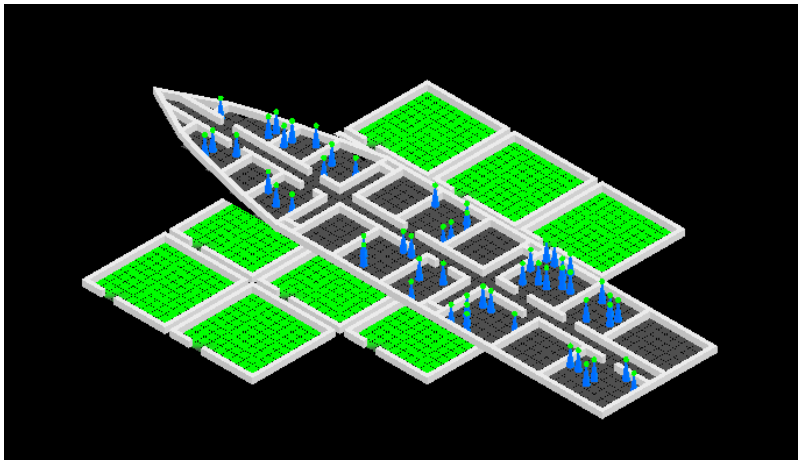


Рис. 1. План палубы судна, использованный при моделировании эвакуации экипажа

Рисунок 1 изображает палубу судна в виде клеточного автомата. Клеточный автомат обеспечивает поле для данной палубы, визуализирующее расстояние от выхода в различных оттенках синего и эвакуирующийся экипаж в виде объектов в форме конуса. Визуализация сети различает источники (эвакуирующийся экипаж), точки эвакуации и промежуточные узлы разными цветами. Источники изображены синим цветом, а точки эвакуации - зеленым. Единицы потока (экипаж судна) представлены в виде синих цилиндров вокруг дуг.

Однако последний компонент наиболее важен для практических экспериментов. Алгоритмическая часть содержит алгоритмы для моделирования и оптимизации эвакуации, а также алгоритмы, преобразующие любой существующий сценарий эвакуации во входные параметры для других алгоритмов. ZET предоставляет мощный интерфейс, позволяющий расширить базовые алгоритмы, уже включенные в дополнительные плагины. Эффективные структуры данных и алгоритмы являются основными компонентами для соединения транспортной сети с моделированием для оптимизации эвакуации.

Библиотека, использующаяся в данном программном продукте, включает в себя множество алгоритмов для реализации различных графов и преследует две цели: реализованные алгоритмы должны быть быстрыми, чтобы можно было решить проблемы временного транспортного пути в кратчайшие временные промежутки; алгоритмы должны обеспечивать простые в использовании интерфейсы для простой реализации других алгоритмов с использованием выходных данных алгоритмов, включенных в библиотеку. Среди базовых алгоритмов, включенных в библиотеку, есть и такие распространенные, как алгоритм Дейкстры, алгоритм A* и алгоритм Беллмана – Форда. Также, авторами данного программного обеспечения были добавлены алгоритмы, решающие проблемы максимума потока временного транспортного пути и потока минимальной стоимости.

Выводы

Таким образом, использование клеточных автоматов и ориентированных графов типа «транспортная сеть», позволяет минимизировать время и количество ресурсов, необходимые для моделирования и оптимизации эвакуационных сценариев. При использовании программного продукта ZET Evacuation был смоделирован сценарий эвакуации экипажа наводного судна с одной из палуб данного судна. План палубы со всеми необходимыми параметрами был составлен во встроенном редакторе программного обеспечения. Моделирование эвакуации производилось посредством реализации клеточного автомата и транспортной сети,

что позволило максимально точно обозначить параметры эвакуирующихся людей и смоделировать их поведение приближенно к реальному поведению людей в условиях чрезвычайной ситуации.

Список литературы

1. Guseva A.I., Malykhina G.F., Nevelskiy A.S. (2019) Neural Network Based Algorithm for the Measurements of Fire Factors Processing. In: Kryzhanovsky B., Dunin-Barkowski W., Redko V., Tiumentsev Y. (eds) Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research II. NEUROINFORMATICS 2018. Studies in Computational Intelligence, vol 799. Springer, Cham, First Online 05 October 2018.

2. About MATSim [Электронный ресурс]:
https://www.matsim.org/about-matsim Доступ свободный. Дата обращения 09.04.2019

3. ZET Evacuation Tool [Электронный ресурс]:
http://zet-evakuierung.de/ Доступ свободный. Дата обращения 23.03.2019.

4. G. F. Malykhina, A. I. Guseva, A. V. Militsin, A. S. Nevelskii DEVELOPING AN INTELLIGENT FIRE DETECTION SYSTEM ON THE SHIPS. Proceedings of the II International scientific conference "Convergent cognitive information technologies" (Convergent'2017), Moscow, Russia, November 24-26, 2017.

5.Ричард Л. Френсис. A 'Uniformity Principle' for Evacuation Route Allocation. Journal of Research of the National Bureau of Standards, 85(5): 509-513, 1981 [Электронный ресурс]:
https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/jres/086/jresv86n5p509_A1b.pdf Доступ свободный. Дата обращения 29.03.2019.

6. Luc G. Chalmet, Richard L. Francis, Patsy B. Saunders. Network Models for Building Evacuation. Fire Technology, 18: 90-113, 1982. [Электронный ресурс]:
https://link.springer.com/article/10.1007/BF02993491 Доступ свободный. Дата обращения 05.04.2019.

УДК 621.395.93

Кошелькова Екатерина Андреевна[1],
студентка радиотехнического факультета,
Ланкин Виктор Ефимович[2],
д-р экон. наук, профессор,
Шашкин Александр Константинович[3],
доцент, канд. техн. наук, доцент

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВЯЗИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ОБЪЕКТОВ

[1,3]Россия, г. Санкт-Петербург, СПб ГЭТУ (ЛЭТИ),
[1]koshelkova.829@gmail.com,
[3]akshashkin@mail.ru,
[2]Россия, г.Таганрог, Южный Федеральный Университет ИТА ЮФУ
[2]victor.e.lankin@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается вопрос совершенствования процесса маршрутизации в локальных системах диспетчерского управления. Совершенствова-

ние достигается за счет современных сетевых технологий. Показываются преимущества применения технологии X-25 по сравнению с другими сетевыми технологиями. На основе современной метрики рассматривается построение многомаршрутной связи, существенно повышающей надежность передачи сообщений в сетях.

***Ключевые слова*:** протоколы связи, качество связи, многомаршрутная связь, дейтаграммная связь, локальные структуры связи, системы телемеханики и телеуправления.

Ekaterina A. Koshelkova [1],
Bachelor student of radio engineering faculty,
Viktor E. Lankin [2],
Dr. of Economics, professor,
Alexander K. Shashkin [3],
Associate Professor, Ph.D

DESIGNING OF COMMUNICATION STRUCTURE OF DISTRIBUTED IN SPACE OBJECTS

[1,3] Russia, St. Petersburg, St. Petersburg GETU (LETI),
1koshelkova.829@gmail.com,
3 akshashkin@mail.ru,
[2] Russia, Taganrog, Southern Federal University ITA SFU
[2] victor.e.lankin@gmail.com

Abstract. The article discusses the issue of improving the process of routing in local dispatch control systems. Improvement is achieved through modern network technologies. It shows the benefits of using technology X-25 compared with other network technologies. On the basis of a modern metric, the construction of a multi-route link is considered, which significantly increases the reliability of message transfer in networks.

Keywords: communication protocols, communication quality, multi-route communication, datagram communication, local communication structures, telemetering and telecontrol systems.

Введение

На практике весьма часто возникает проблема организации согласованной работы группы распределенных в пространстве объектов (контролируемые пункты – КП), управляемых из одного диспетчерского пункта (ДП

Используемые на практике группы распределенных объектов весьма многообразны. Так это могут быть группы спецподразделений, решающих задачи нейтрализации действий террористов или выполняющих спасательные работы в локальных зонах. ДП выполняет работы по обеспечению согласованных действий объектов. При этом технические средства системы должны обеспечить решение задачи определения местоположения каждого объекта, его физическое состояние. Это все должно быть отражено на неком информационном табло ДП. При этом

ДП должен иметь адресную радиосвязь с каждым объектом, объекты тоже должны иметь адресные связи с другими КП и ДП. Решение задачи обеспечения связи объектов и ДП может быть затруднено условиями работы каналов связи. Это все необходимо учитывать в процессе разработки системы.

Для иллюстрации решения типовых задач таких систем рассмотрим систему мониторинга объектов энергораспределения. Такие системы весьма востребованы для различных служб и предприятий городского хозяйства.

1. Структура системы мониторинга

Структура систем мониторинга следующая: пункт управления (диспетчерский пункт (ДП)), контролируемые (абонентские) пункты (КП) и технические средства связи диспетчерского пункта с контролируемыми пунктами.

КП содержат источники сообщений, а также аппаратно-программные средства формирования и приемо-передачи сообщений. Линии связи, соединяющие ДП с КП, могут быть как проводные, так и беспроводные Таким образом, данные могут передаваться посредством радиоканала, выделенных телефонных пар, посредством GSM-сетей, посредством силовой (6 – 10 кВ) и бытовой (0.4 кВ) электросетей.

Широкая географией объектов мониторинга требует использование как проводных так и беспроводных линий связи. В последние десятилетия беспроводные цифровые коммуникации вступили в фазу бурного развития, которая продолжается и в настоящее время. Толчком к этому послужило, с одной стороны, начавшееся интенсивное развитие глобальной сети Интернет, с другой – внедрение новых, прогрессивных методов кодирования, модуляции и передачи информации. Быстро развиваются технологии беспроводных локальных сетей, их догоняют персональные беспроводные сети и сети регионального масштаба. Локальные и региональные сети проникли во все сферы человеческой деятельности, включая экономику, науку, культуру, образование, промышленность и т.д. Технологию Ethernet (10 Мбит/с) сменили FastEthernet/GigabitEthernet (100/1000 Мбит/с), в глобальных сетях свершился переход от неторопливой, но сверхнадёжной X.25 к методу FrameRelay, применению стека протоколов TCP/IP, к технологиям ATM и GigaEthernet. Без них невозможны столь привычные сегодня электронная почта, факсимильная и телефонная связь, доступ к удалённым базам данных в реальном масштабе времени, службы новостей, дистанционное обучение, телемедицина, телеконференции, телебиржи, телемагазины и т.д. [1-5].

Основное назначение рассмотренного далее типа сети – это обеспечение контроля потребляемой электроэнергии, и управление электротехническим оборудованием. Объем передаваемых сообщений в таких системах относительно мал – не более 10–20 кбайт.

В качестве одной из типовых реализаций применяемых в настоящее время систем это аппаратно-программный комплекс телемеханики «СВЕТ-2000» предназначен для осуществления дистанционного контроля и управления электромеханическим оборудованием киосков уличного освещения [3].

В существующих системах, таких как «СВЕТ-2000» и «ОБЗОР» (например, [3]) используется радиально зональная структура связи. С удаленными объектами связь осуществляется посредством ретрансляции сигнала через промежуточные пункты, расположенные между ДП и контролируемым объектом (КП). Такая структура связи является недостаточно надежной: выход из строя одного из ретрансляторов исключает возможность передачи сообщений. Использование современных технологий позволяет исключить описанные проблемы.

Суть современных технологий состоит в преобразование системы связи ДП с контролируемыми пунктами в сеть, где каждый контролируемый пункт превращается в некий узел связи. При этом сообщения от КП к ДП передают по некоторому маршруту, от узла к узлу. Число маршрутов такой передачи может быть более одного.

В глобальных коммутируемых сетях применяются две различных технологии: коммутация каналов и коммутация пакетов. Две эти технологии отличаются способом, которым узлы передают информацию от одного канала к другому на пути от источника к адресату.

Коммутация каналов зачастую оказывается неэффективной в связи с тем, что ресурсы каналов выделяются на весь срок действия соединения, даже если данные фактически не передаются.

Коммутация пакетов представляет собой более надёжный, чем коммутация каналов, метод организации связи в условиях переменного трафика. При пакетной коммутации каждая станция передаёт данные небольшими блоками, которые называются пакетами. Каждый пакет содержит некоторое количество данных пользователя и управляющую информацию, необходимую для правильной работы сети.

Сети с пакетной коммутацией различаются главным образом по способу организации внутренней работы сети – методом дейтограммы или виртуального канала. Если используются виртуальные каналы, маршрут соединения между двумя конечными точками определён заранее, и все пакеты для данного виртуального канала следуют по одному и тому же маршруту. Если используются дейтограммы, каждый пакет обрабатывается независимо от других, и пакеты, предназначенные для одного и

того же адресата, могут проходить по разным маршрутам. Недостатком виртуальных каналов является их уязвимость в случае выхода из строя или временного выключения маршрутизатора, в результате чего все виртуальные каналы, проходившие через него, будут прерваны. В дейтаграммной подсети при выходе маршрутизатора из строя будут потеряны только те пакеты, которые находились в данный момент на маршрутизаторе. Кроме того, дейтограммная система позволяет соблюдать баланс между нагрузкой маршрутизаторов и линиями связи [6].

Протокол X.25 - *о*дин из наиболее распространенных протоколов , используемый для взаимодействия с сетями с пакетной коммутацией и включающий в себя три уровня протоколов: физический уровень, канальный уровень и уровень пакетов (рис. 1).

Физический уровень работает с физическим интерфейсом между подключенным терминалом и каналом, соединяющим этот терминал с узлом коммутации пакетов. В стандарте пользовательские машины называются терминальным оборудованием, а узел коммутации пакетов - оборудованием передачи данных.

Канальный уровень отвечает за надежное перемещение данных по физическому каналу путём передачи данных в виде последовательности кадров. Стандарт канального уровня – сбалансированный протокол доступа к каналу.

Уровень пакетов обеспечивает внешнюю службу виртуальных каналов. Эта служба даёт возможность любому абоненту сети устанавливать с другими абонентами логические соединения, называемые виртуальными каналами.

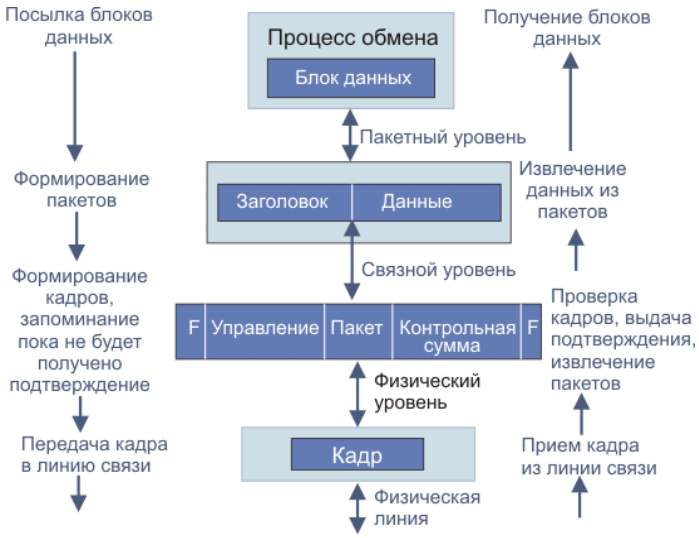


Рис. 1. Три уровня X-25

Протокол Frame Relay. Сети Frame Relay – сравнительно новые сети, которые гораздо лучше подходят для передачи пульсирующего

трафика локальных сетей по сравнению с сетями X.25. Преимущество сетей Frame Relay заключается в их низкой протокольной избыточности и дейтаграммном режиме работы, что обеспечивает высокую пропускную способность и небольшие задержки кадров.

Особенностью технологии Frame Relay является отказ от коррекции обнаруженных в кадрах искажений. Протокол Frame Relay подразумевает, что конечные узлы будут обнаруживать и корректировать ошибки за счет работы протоколов транспортного уровня или более высоких уровней. В этом отношении технология Frame Relay близка к технологиям локальных сетей, таким как Ethernet, Token Ring и FDDI, которые тоже только отбрасывают искаженные кадры, но сами не занимаются их повторной передачей. Поэтому сети Frame Relay следует применять только при использовании каналов связи высокого качества. Используемая на каналах доступа аппаратура передачи данных должна обеспечить уровень искажения данных - не ниже 10^{-6}.

Сеть, управляемая протоколом ATM имеет классическую структуру крупной территориальной сети - конечные станции соединяются индивидуальными каналами высокого качества с коммутаторами нижнего уровня, которые тоже только отбрасывают искаженные кадры, но сами не занимаются их повторной передачей.

Ситуация с сообщениями телемеханики такова, что мы имеем относительно небольшие объемы передаваемых сообщений (не более 10-20 кБ), причем требования к достоверности весьма высоки (сообщения телесигнализации и телеизмерений должны передаваться с вероятностью ошибки не более 10^{-4}, а сообщения телеуправления – 10^{-8}). Скорости передачи низкие – не более 2,4 кбит/с.

Сети X.25 хорошо работают на ненадежных линиях со скоростями доступа 1.2–64 кбит/с. Надежность передачи обусловлена как организацией межузлового обмена, так и итоговой реакцией на принятое сообщение: получатель сообщения фиксирует факт приема сообщения отправлением квитанции. Такая организация обеспечивает высокую надежность и достоверность сообщений. Учитывая особенности систем телемеханики можно полагать, что протокол X 25 наиболее подходящий.

2. Структура системы контроля пространственно-распределенных объектов

В качестве конкретного примера анализа систем управления распределенными объектами в настоящей работе рассматривается система мониторинга объектов энергораспределения некоторых регионов Ленинградской области, предназначенная для осуществления дистанционного контроля и управления оборудованием распределительных и трансформаторных подстанций. Комплекс построен на базе набора аппаратных и программных средств:

1. Комплекта оборудования центрального диспетчерского пункта, включающего в себя: сервер сбора и обработки информации, модем связи, физический интерфейс связи модема с компьютером диспетчера;

2. Комплекта оборудования контролируемого пункта, включающего в себя: модем связи, физический интерфейс связи радиомодема с компьютером диспетчера, комплект оборудования.

3. Линии связи (ЛС), обеспечивающей передачу сообщений между ДП и КП.

В различных ситуациях линия связи может быть различной: радиоканал, проводной канал, волоконно-оптический канал, либо это может быть канал сотовой системы связи или Интернет-канал.

Алгоритм маршрутизации - это правило, в соответствии с которым в каждом узле сети передачи данных осуществляется выбор линии связи для передачи данных [10].

Основные показатели алгоритмов маршрутизации: оптимальность, гибкость, быстрая сходимость, уровень непроизводительных затрат.. Оптимальный маршрут зависит от показателей, используемых при проведении расчета. Алгоритм маршрутизации, реализованный на компьютере с ограниченными средствами, должен эффективно обеспечивать свои функциональные возможности, с минимальными затратами программного обеспечения. Сходимость - это процесс соглашения между всеми роутерами по оптимальным маршрутам. В случае, если наступает событие, из-за которого маршруты отвергаются, роутеры оповещают объекты сети об обновлении маршрутов, что приводит к появлению новых оптимальных путей. Алгоритмы маршрутизации, которые сходятся медленно, могут привести к образованию петель маршрутизации.

Под гибкостью алгоритмов понимается быстрая адаптация к сбоям, неполадкам в работе сети, например, при выходе из строя одного узла, необходимо использовать ретрансляторы, т.е. сбой работы узла не должен влиять на работу всей системы.

Некоторые алгоритмы маршрутизации представляют собой иерархию маршрутизации. В одноуровневой системе маршрутизации все роутеры равны по отношению друг к другу. В иерархической системе маршрутизации есть основной роутер (backbone - база) маршрутизации.

Системы маршрутизации часто устанавливают логические группы узлов, называемых доменами, или автономными системами (AS), или областями. В иерархических системах одни роутеры какого-либо домена могут сообщаться с роутерами других доменов, в то время как другие роутеры этого домена могут поддерживать связь с роутеры только в пределах своего домена. В очень крупных сетях могут существовать дополнительные иерархические уровни. Роутеры наивысшего иерархического уровня образуют базу маршрутизации. Основным преимуществом иерархической маршрутизации является то, что она имитирует организа-

цию большинства компаний и следовательно, очень хорошо поддерживает их схемы трафика. Алгоритмы состояния канала (известные также как алгоритмы "первоочередности наикратчайшего маршрута") направляют потоки маршрутной информации во все узлы объединенной сети. Однако каждый роутер посылает только ту часть маршрутной таблицы, которая описывает состояние его собственных каналов. Алгоритмы вектора-расстояния (известные также как алгоритмы Бэлмана-Форда) требуют от каждого роутера посылки всей или части своей маршрутной таблицы, но только своим соседям. Алгоритмы состояния каналов фактически направляют небольшие корректировки по всем направлениям, в то время как алгоритмы вектора-расстояний отсылают более крупные корректировки только в соседние роутеры.

Отличаясь более быстрой сходимостью, алгоритмы состояния каналов несколько меньше склонны к образованию петель маршрутизации, чем алгоритмы вектора-расстояния. С другой стороны, алгоритмы состояния канала характеризуются более сложными расчетами в сравнении с алгоритмами вектора-расстояний, требуя большей процессорной мощности и памяти, чем алгоритмы вектора-расстояний. Вследствие этого, реализация и поддержка алгоритмов состояния канала может быть более дорогостоящей. Несмотря на их различия, оба типа алгоритмов хорошо функционируют при самых различных обстоятельствах.

Показатели качества алгоритмов (метрики). Маршрутные таблицы содержат информацию, которую используют программы коммутации для выбора наилучшего маршрута.

В алгоритмах маршрутизации используется много различных показателей. Сложные алгоритмы маршрутизации при выборе маршрута могут базироваться на множестве показателей, комбинируя их таким образом, что в результате получается один отдельный показатель.

Длина маршрута является наиболее общим показателем маршрутизации. Некоторые протоколы маршрутизации позволяют администраторам сети назначать произвольные цены на каждый канал сети. В этом случае длиной тракта является сумма расходов, связанных с каждым каналом, который был траверсирован. Другие протоколы маршрутизации определяют "количество пересылок", т.е. показатель, характеризующий число проходов, которые пакет должен совершить на пути от источника до пункта назначения через изделия объединения сетей (такие как роутеры).

Надежность, в контексте алгоритмов маршрутизации, относится к надежности каждого канала сети (обычно описываемой в терминах соотношения бит/ошибка). Некоторые каналы сети могут отказывать чаще, чем другие. При назначении оценок надежности могут быть приняты в расчет любые факторы надежности. Оценки надежности обычно назна-

чаются каналам сети администраторами сети. Как правило, это произвольные цифровые величины.

Под *задержкой маршрутизации* обычно понимают отрезок времени, необходимый для передвижения пакета от источника до пункта назначения через объединенную сеть. Задержка зависит от многих факторов, включая полосу пропускания промежуточных каналов сети, очереди в порт каждого роутера на пути передвижения пакета, перегруженность сети на всех промежуточных каналах сети и физическое расстояние, на которое необходимо переместить пакет.

Полоса пропускания является оценкой максимально достижимой пропускной способности канала. Маршруты, проходящие через каналы с большей полосой пропускания, не обязательно будут лучше маршрутов, проходящих через менее быстродействующие каналы [2-6].

Для рассматриваемой сети используются *алгоритмы кратчайшего пути*. Специфика сети проявляется в составе учитываемых входных параметров и ограничений на выбираемый маршрут, а также в требованиях на его качество.

Одним из наиболее эффективных алгоритмов для решения задачи поиска кратчайшего пути является алгоритм Дейкстры [7].. Этот алгоритм был предложен в 1959 году нидерландским ученым Э. Дейкстрой. Он находит оптимальные маршруты и их длину между одной конкретной вершиной (источником) и всеми остальными вершинами графа.

Этот метод основан на присваивании вершинам временных отметок, отметка вершины дает верхнюю границу длины пути от s к этой вершине. Эти отметки постепенно уменьшаются с помощью некоторой итерационной процедуры, и на каждом шаге итерации точно одна из временных пометок становится постоянной. Это указывает на то, что пометка уже не является верхней границей, а дает точную длину кратчайшего пути от s к рассматриваемой вершине [12].

На стадии проектирования сети передачи данных и в процессе её развития задача выбора алгоритма маршрутизации является одной из основных.

Алгоритм Дейкстры больше соответствуют поставленным задачам и топологии в сети связи, в которой вся маршрутизация по существу осуществляется между некоторым узлом сети и диспетчерским пунктом через ретрансляторы. Иными словами одна из точек маршрута у нас фиксирована, а другая – нет. Алгоритмы в других известных подходах (например,Флойда и Данцига) вычисляют маршруты между каждой парой узлов сети, что означает, что при анализе сети телемеханики они будут вычислять ненужные маршруты, что будет уменьшать эффективность, как вычисления маршрутов, так и самой маршрутизации.

3. Формирование маршрута

В качестве объектов мониторинга выступают распределительные подстанции КП. Контроль осуществляется диспетчерским пунктом ДП по каналам связи. Контролируемые объекты распределены в зоне сотовой и возможно проводной связи. Удаление от диспетчерского пункта может превышать зону уверенного приема по радиоканалу. В качестве основного протокола используемого при установлении связи между станциями и диспетчерским пунктом используется X25.

Каждый КП должен иметь маршрутную таблицу передачи сообщений на диспетчерский пункт (ДП). Эта маршрутная таблица должна содержать несколько маршрутов: оптимальный, соответствующий наилучшему показателю качества связи с ДП, и один или более вспомогательных, расположенных в порядке уменьшения значения показателя качества связи с ДП (субоптимальные маршруты). Таблица формируется на ДП и передается КП.

Формирование маршрутной таблицы инициирует КП: КП посылает сигнал определенного вида, означающего вопрос “кто меня слышит?” с указанием своего адреса. КП, принявшие этот сигнал с уровнем выше определенного порога, измеряют отношения сигнал/помеха и пересылают обратно измеренное отношение сигнал/помеха и свой адрес. Кроме того, эти КП указывают свой маршрут связи с ДП, если таковой имеется. КП, излучивший сигнал “кто меня слышит?” с указанием своего адреса отправляет полученную им информацию от других пунктов на ДП. На основе полученной информации ДП строит маршруты для этого КП, запоминает их (маршруты) и отсылает эти маршруты обратно этому КП.

В процессе работы КП осуществляют связь с ДП или по своей инициативе (например, передача аварийной информации), или отвечают на запросы ДП. При каждой передаче сообщений пункт приема, принявший сообщение (КП или ДП), отвечает в течение определенного времени передающему пункту (ДП или КП) сигналом “сообщение принято”. Если такое сообщение не принято передающим пунктом, этот пункт повторяет передачу переданного ранее сообщения по другому маршруту, субоптимальному.

Критерии определения наилучшего маршрута могут быть основаны на различных показателях: время передачи сообщений, расстояния между КП и ДП, качество связи. Все эти критерии имеют свои достоинства и недостатки. Так для определения времени требуется точная шкала синхронизации и стабильные генераторы, это дорого. Для определения расстояния нужны точные навигационные измерения, это тоже сложно. Поэтому в качестве оптимального критерия целесообразно выбрать отношение сигнал/шум (с/ш), с помощью которого можно узнать насколь-

ко эффективно передаем пакеты. Для расчета оптимального маршрута диспетчерскому пункту требуется лишь информация о том, какой уровень мощности имеет сигнал при приеме от других достижимых контрольных пунктов. Чтобы оценить каждую ветвь связи необходимо оценить отношение ***с/ш***, что позволит определить вероятностную ошибку между ветвями. Для выбора путей с наименьшей суммарной вероятностью будет применяться алгоритм Дейкстры упомянутый ранее.

Периодически, как правило, в течение времени наименьшей загрузки сети (обычно ночью) ДП перепроверяет маршрутные таблицы (осуществляет адаптацию к конкретной, возможно обновленной, ситуации). После получения ДП информации об отношениях ***с/ш*** от всех пунктов, ДП пересчитывает на основе полученных данных суммарные вероятности ошибок передачи пакета и составляет маршрутные таблицы для каждого КП, которые содержат оптимальные и субоптимальные маршруты.

Вероятность ошибки на бит может быть определена по формуле:

$$P_{ij} = Q\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int\limits_{\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}}^{\infty} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \qquad (1)$$

Для увеличения скорости работы алгоритма выражение (1) можно заменить следующей аппроксимацией:

$$P_{ij} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int\limits_{\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}}^{\infty} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \approx \frac{1}{2} \exp\left(-\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)^2 - \frac{(4/\pi)^{0.5} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}}{\left(1 + (1/3\pi)^{0.5} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)}\right). \qquad (2)$$

Вероятность искажения пакета длиной l бит в этом случае может быть определена по формуле [13]:

$$PER_{ij} = 1 - \left(1 - \frac{1}{2} \exp\left(-\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)^2 - \frac{(4/\pi)^{0.5} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}}{\left(1 + (1/3\pi)^{0.5} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)}\right)\right)^l \qquad (3)$$

Пусть Q - вероятность правильной передачи на всем пути от узла k к узлу 0 (ДП), а PER_{ij} - вероятности ошибочной передачи пакета от узла i к узлу j по ребру соединяющему эти два узла. Тогда вероятность правильной передачи по этому ребру равна $1 - PER_{ij}$. Отсюда следует, что вероятность правильной передачи пакета по всему пути до узла 0 равна произведению вероятностей правильной передачи по всем ребрам, входящим в путь $Q = \prod (1 - PER_{ij})$. Отсюда определим вероятность ошибочной

передачи пакета по всему пути $PER = 1 - Q = 1 - \prod \left(1 - PER_{ij}\right) \approx \sum PER_{ij}$, произведения вероятностей достаточно малы и ими можно было пренебречь.

Таким образом, для поиска оптимального пути нам придется оптимизировать суммарный вероятностный критерий определения маршрута:

$$PER = \sum 1 - \left(1 - \frac{1}{2}\exp\left(-\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)^2 - \frac{(4/\pi)^{0.5}\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}}{\left(1 + (1/3\pi)^{0.5}\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)}\right)\right)^l, \qquad (4)$$

Для расчета матрицы весов (вероятности ошибок при передачи) используется исходная матрица, со значениями отношений ***c\ш*** между контрольными пунктами. По теории приведенной выше, используя формулу (4), рассчитывается матрица вероятности ошибок.

Для проведения измерений отношения сигнал/помеха можно в передаваемые между узлами сообщений ввести измерительный сигнал в виде отрезка синусоиды,

$$a(t)=A\sin(a),$$

где $0 < t < T$.

Для построения алгоритма оценки параметров сигнала, при этом, можно воспользоваться методом уравнений состояния [13] и получить необходимые данные, аналогично тому, как это сделано в [9-12].

Заключение

Решенная задача маршрутизации передачи сообщений позволяет существенно увеличить надежность сетей, подобных рассмотренной в настоящей работе.

Локальные системы распределенных в пространстве объектов других пользователей имеют схожие с рассмотренной энергетической системой как структуры, так и предъявляемые требования к системам их контроля, поэтому полученные результаты решения задачи маршрутизации передачи сообщений могут быть использованы при их модификации. Это также увеличит надежность работы этих систем.

Список литературы

1. Ильин В.А. Телеуправление и телеизмерение. –М.: Энергоиздат, 1982, 560с.
2. Вишневский В. М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005.
3. Шашкин А.К., Катушкин А.В., Лисенков А.В., Копылов В.В. Аппаратно-программный комплекс телемеханики сетей наружного освещения «СВЕТ-2000». – СПб.: Из-во ЛЭТИ, 2004.

4. Свирен С.Я. Электрические станции, подстанции и сети. – Киев: Государственное издательство технической литературы УССР, 1962, 282с.
5. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
6. Таненбаум Э. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2006.
7. Семенов Ю.А. Протоколы сетей X.25 [Электронный ресурс]. URL: http://citforum.ru/nets/semenov/4/43/x25_432.shtml (дата обращения: 26.05.2016)
8. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2005.
9. Бартсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989.
10. CISCO Internetworking Technology Overview [Электронный ресурс]. URL: http://citforum.ru/nets/ito/index.shtml (дата обращения: 26.05.2016).
11. Майник Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. –М.: 1981, 323 с.
12. Песков С.Н. Ищенко А.Е. Расчет вероятности ошибки в цифровых каналах связи [Электронный ресурс]. URL: http://www.pole-s.ru/states/Oshibka_BER.pdf.
13. Снайдер Д. Метод уравнений состояния для непрерывной оценки в применении к теории связи. – М.: Энергия: 1982, 104 с.

УДК 621.396

Войтенко Константин Игоревич,
студент,
Зеленский Владимир Павлович,
кандидат техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВА РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛОВ ГЛОНАСС, GPS

Россия, Нижний Новгород, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (603950, Нижний Новгород, ГСП-41, ул. Минина, 24),
e-mail: koc.voytenko@gmail.com

Аннотация. В данной работе рассмотрен процесс проектирования сложного технического комплекса. При разработке применен принцип системного проектирования, а также некоторые методы системного подхода и анализа. Показано положительное влияние системного проектирования на процесс разработки сложного технического комплекса. По результатам системного анализа и исследования общепринятых вариантов построения устройства ретрансляции высокочастотных сигналов и выявления существенных недостатков был предложен новый вариант построения, улучшающий характеристики искомого устройства.

Ключевые слова: системное проектирование, системный анализ, системный подход, спутниковые радионавигационные системы, контрольно-проверочная аппаратура, ретранслятор высокочастотных сигналов.

Konstantin I. Voytenko,
Student.
Vladimir P. Zelensky,
Candidate of Engineering Sciences, associate professor

APPLICATION OF THE SYSTEM APPROACH IN THE DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR RELAYING OF GLONASS, GPS SIGNALS

Russia, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (603950, Nizhny Novgorod, GSP-41, Minina street, 24), e-mail: koc.voytenko@gmail.com

Abstract. This work represents the design process of a complicated technical complex. The principle of system design, some methods from the system approach and an analysis are applied in the development. The positive influence of the system design on the development process of a complicated technical complex was shown. According to the outcome of a system analysis and the research of generally accepted options for the constructing of a high frequency signal retransmission device and identifying significant disadvantages, a new constructing option that improves the characteristics of the initial device was proposed.

Keywords: system design, system analysis, systems approach, satellite navigation systems, test equipment, high frequency repeater.

При разработке аппаратуры спутниковой навигации (далее по тексту – АСН), АСН подвергается целому ряду испытаний для оценки соответствия ее характеристик требованиям технического задания.

Ввиду того, что проверки и испытания АСН проводятся в рабочих помещениях, в которых не существует возможность обеспечения радиовидимости навигационных космических аппаратов (далее по тексту – НКА) для АСН, то для проведения проверок АСН требуется специализированная контрольно – проверочная аппаратура (далее по тексту – КПА), обеспечивающая ретрансляцию реальных сигналов спутниковых радионавигационных систем (далее по тексту – СРНС) частот ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS. Главной составной частью КПА является ретранслятор ВЧ сигналов (далее по тексту – ретранслятор).

Состав ретранслятора:

- выносная приемная антенна;
- устройство ретрансляции сигналов СРНС;
- антенна передающая;
- коаксиальная кабельная ВЧ линия.

Выносная приемная антенна используется для приема и предварительного усиления высокочастотных сигналов СРНС в условиях достаточной радиовидимости.

Передающая антенна обеспечивают излучение сигналов СРНС на модули антенные АСН. Количество передающих антенн ретранслятора задается требованиями технического задания.

Устройство ретрансляции сигналов СРНС (далее по тексту – устройство ретрансляции) обеспечивает:

– усиление входного высокочастотного сигнала СРНС до требуемого уровня;

– при наличии нескольких передающих антенн: коммутацию ВЧ СРНС сигнала на передающие антенны как раздельно, так и совместно.

Структурная схема ретранслятора приведена на рисунке 1.

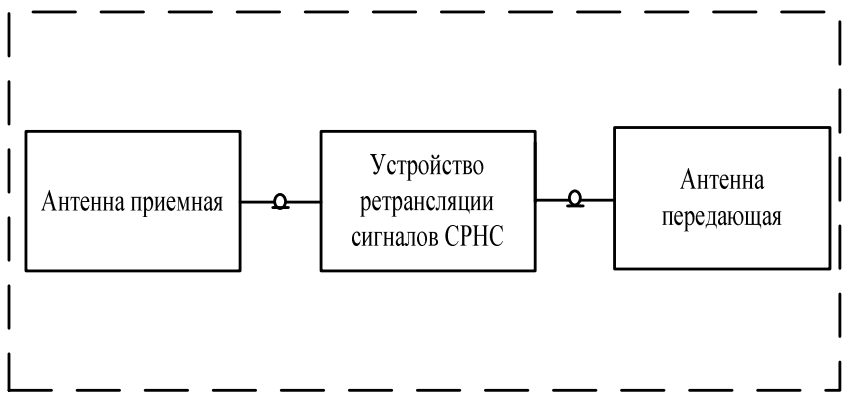


Рис. 1. Структурная схема ретранслятора ВЧ сигналов

Поскольку к устройству ретрансляции предъявляется целый ряд технических требований, то при его разработке целесообразно применить методы системного проектирования. При системном проектировании сложных технических средств и комплексов их можно представить в виде единой и целой системы взаимосвязанных элементов. Представление сложного устройства в виде системы помогает решить проблему проектирования путем разделения задачи на последовательные этапы:

1) Этап постановки задачи создания нового технического средства;
2) Этап поискового проектирования;
3) Этап концептуального проектирования;
4) Этап инженерного конструирования.

На этапе постановки задачи проектирования был определен набор входных и выходных параметров системы, граничные условия на реализацию, сформулированы технические параметры аппаратного средства.

Основные требования к устройству ретрансляции сигналов:

– питание от сети переменного тока напряжением (220 ± 22) В частотой 50 Гц;

– диапазон рабочих частот L1 и L2 ГЛОНАСС (1590 – 1612 МГц и 1235 – 1255 МГц соответственно) и L1 GPS (1574 – 1577 МГЦ);

– усиление входного ВЧ сигнала по всему диапазону рабочих частот на 27 дБ;

– возможность отключения передачи ВЧ сигнала на каждую из двух передающих антенн;

– обеспечивать подачу питания на вход приемной антенны;

– передача ВЧ сигнала в диапазонах рабочих частот с коэффициентом передачи от входа до каждого из выходов при включенной передаче ВЧ сигнала не менее 0 дБ;

– коэффициент передачи от входа до каждого из выходов при отключенной передаче ВЧ сигнала должен быть не менее 20 дБ относительно соответствующего коэффициента передачи ВЧ сигнала;

– независимое облучение навигационным сигналом антенн АСН;

– возможность удаленного управления работой по интерфейсу RS-422;

– индикация неисправности или перегрузки.

В результате анализа требований технического задания была составлена система, демонстрирующая входные и выходные сигналы устройства (рис. 2).

Рис. 2. Входные и выходные сигналы устройства ретрансляции

На этапе концептуального проектирования решался вопрос технической реализации устройства. На основании анализа прототипов была рассмотрена структурная схема устройства ретрансляции, представленная на рисунке 3.

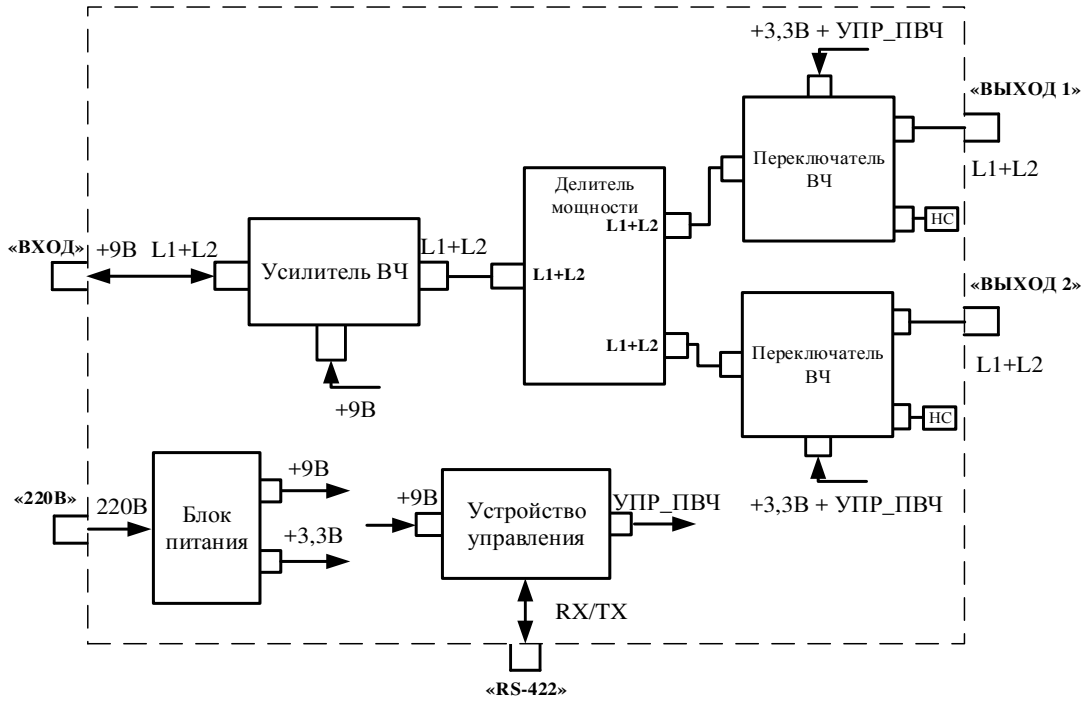


Рис. 3. Структурная схема устройства ретрансляции

В данной схеме имеется единый тракт усиления входного ВЧ сигнала с последующим распределением его на два управляемых переключателя. Переключатели ВЧ используются для коммутации ВЧ сигнала на передающую антенну или на согласованную нагрузку (в схеме – НС). Нагрузка согласованная обеспечивает необходимое подавление ВЧ сигнала на выходе ретранслятора.

Устройство управления строится на основе микроконтроллера. Микроконтроллер используется для удаленного управления переключателями ВЧ и отвечает за контроль тока и напряжения перегрузки по входу, а также за организацию связи с компьютером.

В результате системного анализа структурной схемы был выявлен ее существенный недостаток – одноканальный широкополосный тракт передачи ВЧ сигналов от соединителя «ВХОД» до соединителей «ВЫХОД 1» и «ВЫХОД 2» устройства ретрансляции. При значительной неравномерности АЧХ усилителя устройства ретрансляции соотношение уровней мощности спутниковых сигналов на выходе устройства будет искажено по сравнению с сигналами на входе. Делать коррекцию усиления в разных частотных диапазонах в этой структуре будет затруднительно.

С целью обеспечения возможности коррекции усиления ВЧ сигнала в устройстве ретрансляции предлагается использовать двухканальный участок ВЧ тракта, каждый из которых будет представлять собой узкополосный усилительный тракт заданной частоты. Первый канал обеспечивает усиление ВЧ сигналов L1 ГЛОНАСС и L1 GPS, второй – L2 ГЛОНАСС.

Для обеспечения разделения ВЧ сигналов разной частоты применяется дуплексер, а для объединения в один – диплексер. Для возможности выравнивания уровней сигналов частот первого и второго каналов в режиме реального времени с ПЭВМ в каждый канал включаются цифровые аттенюаторы, управляемые с помощью микроконтроллера. Итоговая структурная схема устройства ретрансляции, отображающая в себе новые наработки, изображена на рисунке 4.

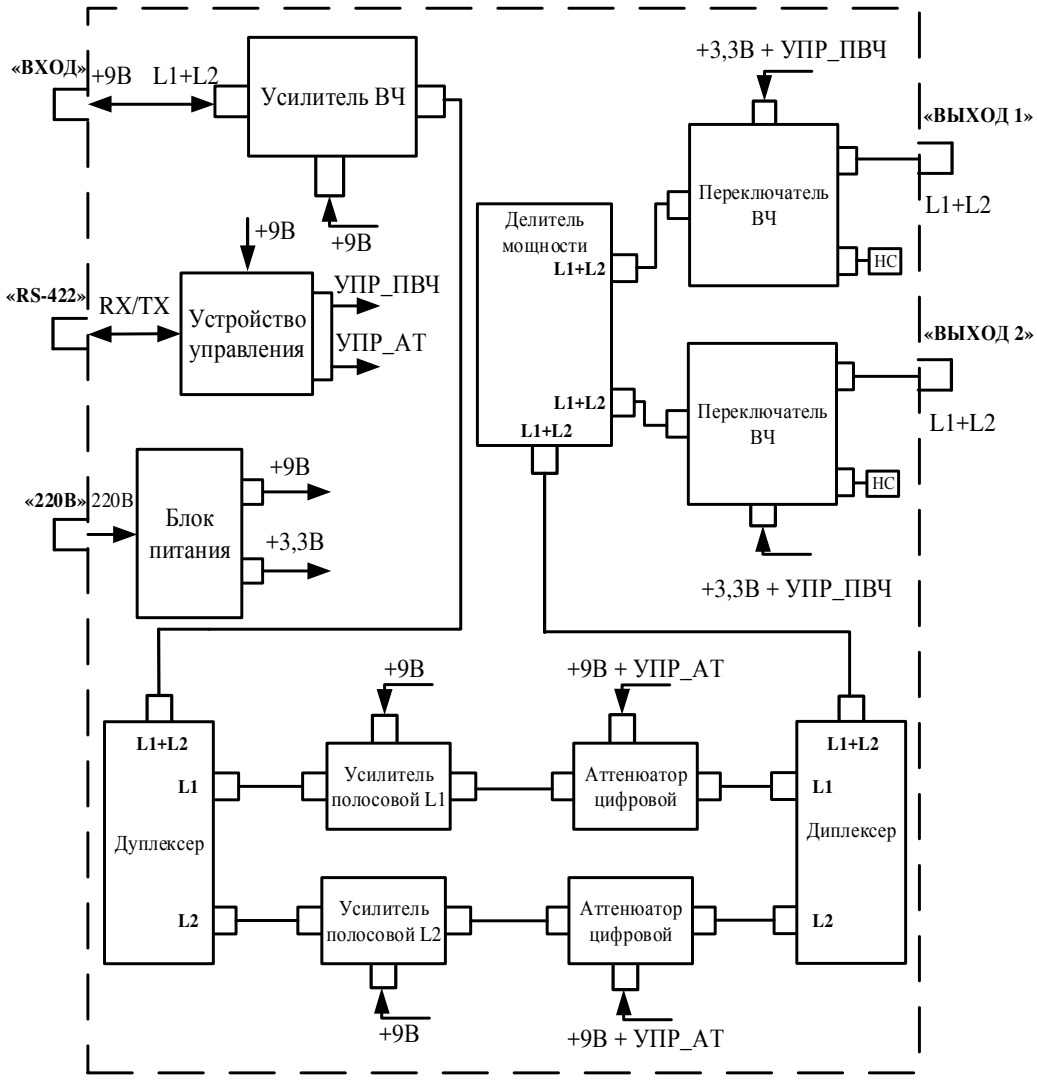


Рис. 4. Итоговая структурная схема устройства ретрансляции

Этап инженерного конструирования в рамках данной работы не рассматривается.

Заключение

Результатом работы является разработанное схематическое описание построения устройства ретрансляции для последующего инженерного проектирования. Предлагаемое новое техническое решение устраняет недостатки широко применяемого подхода к построению структуры ретранслятора путем внедрения двухканального тракта усиления спутниковых сигналов. Применение данного технического решения позволит улучшить характеристики ретранслятора ВЧ сигналов.

В процессе разработки применение методов системного проектирования позволило:

1) конкретизировать цели и граничные условия проектирования;

2) использовать путь поэтапного разделения процесса разработки;

3) выявить недостатки общепринятого варианта разработанной системы и предложить более эффективный вариант построения устройства ретрансляции до момента последующего инженерного конструирования.

Список литературы

1. Васин В.А. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / В.А. Васин и др.; Под ред. И.Б. Федорова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 786 с.

2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. 4-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.

3. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. 3-е изд., перераб. и доп. / Манаев Е.И. – М.: Радио и связь, 1990. – 512 с.: ил.

4. Окунев Ю. Б. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи / Ю.Б. Окунев, В.Г. Плотников. - Москва: Высшая школа, 1976. – 184 с.

5. Данелян Т.Я. Теория систем и системный анализ: Учебно-методический комплекс / Т.Я. Данелян. - М.: Ленанд, 2016. – 360 с

6. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ: Учебник для бакалавров / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Юрайт, 2013. – 616 с.

7. Вдовин, В.М. Теория систем и системный анализ: Учебник для бакалавров / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова. – М.: Дашков и К, 2016. – 644 с.

УДК 004.522, 004.934.2

Мубаракшина Раушания Тахировна,
студент,
Яковенко Антон Александрович,
ведущий программист

ОБЗОР ПОДХОДОВ К ПРОБЛЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ ПО ПАРАМЕТРАМ УСТНОЙ РЕЧИ

Россия, г. Санкт-Петербург, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
mubarakshinarunya@mail.ru, yakovenko_aa@spbstu.ru

Аннотация. В работе предложен обзор предметной области аффективных вычислений и рассмотрены методы обработки эмоционально окрашенной речи. Рассмотрена задача бинарной классификации в контексте рассматриваемой проблемы, проанализированы факторы, оказывающие влияние на качество получаемых результатов. Сформулированы цели и задачи предстоящего исследования. Предложен подход, реализующий парадигму машинного слуха, которая заключается в извлечении физиологически обоснованных признаков речевого сигнала и применении нейросетевых методов для их анализа.

Ключевые слова: распознавание эмоций, аффективные вычисления, обработка речевых сигналов, машинный слух.

Raushaniia Mubarakshina,
Student,
Anton A. Yakovenko,
Lead software engineer

A REVIEW ON SPEECH EMOTION RECOGNITION PROBLEM

Russia, St.Petersburg, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,
mubarakshinarunya@mail.ru, yakovenko_aa@spbstu.ru

Abstract. The paper presents a review on modern research field on affective computing and examines approaches to the emotional speech processing problem. The binary classification task in the context of the emotional speech recognition is considered, factors affecting the quality of the results are analyzed. The goals and objectives of the forthcoming study are formulated. An approach that implements the machine hearing paradigm is proposed.

Keywords: emotion recognition, affective computing, emotional speech, machine hearing.

Эмоциями принято называть особый вид психических процессов, выражающих реакции индивида на воздействие внутренних и внешних раздражителей, имеющих ярко выраженную субъективную окраску в форме непосредственных переживаний [1]. Эмоции охватывают все виды чувствительности и являются важным фактором регуляции жизнедеятельности. Люди способны выражать широкий спектр эмоций, однако однозначного определения и метода измерения эмоции не существует, что приводит к различным подходам к категоризации эмоциональных данных [2,3].

На сегодняшний день в когнитивистике и исследованиях по искусственному интеллекту наиболее распространены две формальных модели представления эмоций: дискретная (или категориальная) и непрерывная (или многомерная) [4]. Дискретный подход предполагает существование первичных эмоциональных состояний, которые также называют базовыми. При этом определение базовых эмоций также не является однозначным, и в различных исследованиях выделяют от 6 (гнев, отвращение, страх, печаль, счастье, удивление) до 22 видов эмоциональных состояний. В непрерывном подходе эмоция рассматривается в качестве базиса в многомерном координатном пространстве. Изменение величины, присутствующей в определенном измерении, характеризует изменение эмоционального состояния и его интенсивности. Кроме того, существует гибридный подход, который, как видно из названия, предполагает комбинацию дискретного и многомерного. Все эти подходы основываются на общем допущении, что в один момент времени может быть выражена только одна эмоция.

В последние годы особую актуальность приобрело направление т.н. аффективных вычислений – новых технологий, обеспечивающих человеко-машинное взаимодействие посредством анализа эмоций [5]. Это область исследований, направленная на разработку интеллектуальных систем, способных обрабатывать, распознавать и интерпретировать эмоциональное состояние человека, и впоследствии адаптировать своё поведение надлежащим образом. Аффективные вычисления развиваются в двух взаимосвязанных направлениях. Первое направление – распознавание эмоций, оно нацелено на разработку методов точной классификации эмоциональных состояний человека. Второе направление связано с синтезом эмоций и нацелено на воспроизведение эмоциональных состояний внутри интеллектуальных систем, например, в робототехнике.

Человеческий мозг распознает эмоции с использованием визуальной (мимика, жестикуляция) и слуховой модальности (речь). Мультимодальный подход увеличивает доступную к интерпретации информацию и позволяет более точно распознать эмоцию, и применяется в задачах

аудиовизуального распознавания эмоций [6]. Однако, разработать такой алгоритм представляется весьма трудоемкой задачей. Кроме того, человеко-машинный интерфейс часто предусматривает только один канал коммуникации. Поскольку наибольшей выразительностью обладает лицо человека, наблюдается активное развитие алгоритмов определения эмоций по изображению. К настоящему времени распознавание эмоций на основе визуальных данных достигло высокой точности, но их применение ограничено определением знака эмоции. Для того, чтобы иметь возможность распознать не только знак, но и интенсивность эмоции, предпочтительнее использовать речевые сигналы, что обуславливает актуальность развития соответствующей методологии [7,8].

Таким образом, цель предлагаемого исследования – разработать систему классификации эмоций по параметрам устной речи. В настоящей работе выполнен обзор предметной области аффективных вычислений в задаче распознавания эмоций для определения актуальных направлений, существующих подходов и выбора методологии.

В качестве основы предлагается использовать дискретную модель представления эмоциональных данных. Как упоминалось выше, согласно дискретной теории эмоций, существует несколько первичных типов эмоциональных состояний. Но поскольку наличие множества категорий негативно сказывается на производительности системы распознавания, а также в виду сложности самой задачи, сначала подход будет изучаться на примере бинарной классификации.

Бинарная классификация предполагает разделение двух категорий эмоций по признакам, представленным характеристическими векторами (объектами выборки). Приведём формальную постановку данной задачи. Пусть множество $X = D_{f_1} \times \cdots \times D_{f_n}$ – признаковое пространство, а Y – конечное множество меток классов. Имеется обучающая выборка:

$$X^m = \{(x_1, y_1), \ldots (x_m, y_m)\}$$

где m – размерность пространства признаков. Признаком называется отображение $f: X \to D_f$, где D_f— множество допустимых значений признака. При заданных признаках $f_1 \ldots f_n$, вектор признакового описания объекта $x \in X$ выглядит следующим образом:

$$x = (f_1(x), \ldots, f_n(x))$$

Признаковые описания обычно принимают за сами объекты. Требуется построить алгоритм $\alpha: X \to Y$, способный классифицировать произвольный объект $x \in X$.

В настоящее время для построения классификаторов широко используются методы линейного дискриминантного анализа, k-ближайших соседей, модели смесей гауссовых распределений, скрытые марковские

модели, машины опорных векторов, деревья решений и искусственные нейронные сети [9-12]. Также могут использоваться ансамбли классификаторов для взвешенного принятия решений.

Сложность анализа речевых сигналов вызвана как высокой междикторской и внутридикторской вариативностью, так и разницей в длительности речевых высказываний. Поэтому технологии обработки эмоционально окрашенной речи призваны распознавать эмоциональное состояние пользователя посредством численного анализа устойчивых речевых признаков. С помощью исследований в области акустики, психолингвистики и психофизиологии выявлены признаки, придающие окрас и знак речи. Данные характеристики задают вектор состояний и позволяют разделять эмоции. Для анализа эмоционального окраса речи используют признаки, которые можно разделить на частотные и временные. Установлена зависимость между высотой тона, скоростью, громкостью голоса и эмоцией. Так, например, речь, возникающая в состоянии страха, гнева или радости, становится быстрой и громкой, с широким диапазоном высоты тона, в свою очередь усталость, апатию или грусть характеризует медленная, низкая по тембру и невнятная речь.

Помимо выбора признакового описания, существенное влияние на результат распознавания эмоций оказывает речевая база [13]. Собранные в реальном времени аудиозаписи спонтанной речи заметно ухудшают эффективность решения задачи, в то время как речь профессиональных актёров способствует улучшению качества обучения, т.к. содержит ярко выраженный эмоциональный окрас. В связи с этим, модели предпочтительно обучать с использованием специально подобранных корпусов эмоциональной речи, позволяющих оценить работу разрабатываемых алгоритмов и сфокусироваться на классификации состояний, не усложняя задачу на начальных этапах разработки.

Также, на первом этапе, во избежание междикторской вариативности, расчёты планируется осуществлять по отдельности для разных дикторов. На основе полученных результатов предполагается сделать выводы о способах извлечения эмоциональных характеристик из речевого сигнала, разработать эффективную стратегию распознавания и установить качество интерпретации различных видов эмоционального окраса речи. В общем виде процесс классификации речевых сигналов можно представить в виде структурной схемы, изображённой на рис.1.

Рис. 1. Структурная схема системы диагностики состояния человека по речи

Распознавание эмоций в речевом сигнале относится к типу задач, для которых важно учитывать то, как акустический сигнал воспринимается человеком. Поэтому для реализации представленной схемы в предстоящем исследовании предлагается подход с позиции машинного слуха [14]. Согласно данному подходу, на этапе извлечения речевых признаков сигнал представляется в физиологически обоснованной форме, с применением имитационных моделей процессов обработки аудиоинформации в слуховой периферии. Затем, полученные данные поступают на вход модуля принятия решений, представленного нейросетевым классификатором. Искусственные нейронные сети позволяют структурировать плохо формализованные данные, коими являются данные об эмоциональном окрасе устной речи. На этапе обучения происходит настройка прогнозирующих моделей, описывающих эмоциональные состояния. Сложность такого подхода заключается в выборе подходящей архитектуры сети и корректной настройке её параметров. Данные вопросы будут подробно рассмотрены в ходе дальнейшей работы.

Итак, в данной работе представлен обзор актуальных проблем и методов в задаче определения эмоционального состояния диктора по голосу. Подводными камнями в области распознавания эмоций остаётся несогласованность в определении понятий и выявлении определяющих эмоции характеристик, отсутствие стандартов, задающих направление развития. Однако, рынок уже может предложить готовые базы и решения в данной области. Технологии распознавания речи и анализ эмоций способствуют развитию интеллектуальных систем человеко-машинного взаимодействия. Использование естественного для человека языка станет большим прорывом в робототехнике. К настоящему моменту в разработке систем распознавания эмоций заинтересованы такие сферы, как автомобилестроение, игровая индустрия, нейромаркетинг, безопасность и другие.

Список литературы

1. Scherer K.R. What are emotions? And how can they be measured? // Social science information. – 2005. – Т. 44. – №. 4. – P. 695–729.

2. Галунов В.И. О возможности определения эмоционального состояния по речи // Речевые технологии. – 2008. – № 1. – С. 60–66.

3. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Автоматическое определение изменений эмоционального состояния по речевому сигналу // Речевые технологии. – 2009. – № 3. – С. 60–76.

4. Cornelius R.R. The science of emotion: Research and tradition in the psychology of emotions. – Prentice-Hall, Inc, 1996.

5. Calvo R.A. et al. (ed.). The Oxford handbook of affective computing. – Oxford Library of Psychology, 2015.

6. Ranganathan H., Chakraborty S., Panchanathan S. Multimodal emotion recognition using deep learning architectures // 2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV). – IEEE, 2016. – С. 1-9.

7. Давыдов А.Г., Киселев В.В., Кочетков Д.С. Классификация эмоционального состояния диктора по голосу: проблемы и решения // Труды международной конференции «Диалог 2011». – М.: РГГУ, 2011. – С. 178–185.

8. Кальян В.П. Выбор решений при распознавании эмоций по речи // Машинное обучение и анализ данных. – 2016. – Т. 2 – № 4. – С. 454–470.

9. Стерлинг Г., Приходько П. Глубокое обучение в задаче распознавания эмоций из речи // Труды конференции «Информационные технологии и системы 2016» / ИППИ РАН. – 2016. – С. 451–456.

10. Полякова А.С., Сидоров М.Ю., Семенкин Е.С. Комбинирование подходов кластеризации и классификации для задачи распознавания эмоций по речи // Сибирский журнал науки и технологий. – 2016. – Т. 17 – № 2. – С. 335–342.

11. Лосева Е.Д., Липинский Л.В. Распознавание эмоций человека по устной речи с применением интеллектуальных методов анализа данных // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 1 – № 12. – С. 533–535.

12. Ingale A. B., Chaudhari D. S. Speech emotion recognition //International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE). – 2012. – Т. 2. – №. 1. – С. 235-238.

13. Алешин Т.С., Редько А.Ю. Принципы подготовки баз речевых данных для задачи распознавания эмоционального окраса речи человека по речевому сигналу // Современные наукоёмкие технологии. – 2016. – № 6. – С. 229-233.

14. Lyon R.F. Machine hearing: An emerging field // IEEE signal processing magazine. – 2010. – Т. 27. – №. 5. – С. 131-139.

УДК 004.934.2, 004.032.26

Панова Анастасия Андреевна,
студент,
Яковенко Антон Александрович,
ведущий программист

МЕТОДЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГОЛОСОВОЙ АКТИВНОСТИ

Россия, г. Санкт-Петербург, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
ms.panpan@mail.ru, yakovenko_aa@spbstu.ru

Аннотация. В работе представлен аналитический обзор предметной области детектирования голосовой активности. Рассмотрены основные способы решения данной задачи, применяемые на практике. Предложен подход, основанный на анализе визуального представления акустического сигнала, свёрточных нейронных сетях и парадигме машинного слуха. Приведена структурная схема соответствующей методологии, лежащей в основе предлагаемого исследования.

Ключевые слова: детектор голосовой активности, обработка речевых сигналов, машинный слух, сверточные нейронные сети.

Anastasia Panova,
Student,
Anton Yakovenko,
Lead software engineer

VISUAL SPEECH-BASED VOICE ACTIVITY DETECTION: PROBLEM STATEMENT

Russia, St.Petersburg, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,
ms.panpan@mail.ru, yakovenko_aa@spbstu.ru

Abstract. The paper presents an analytical review on the voice activity detection. The basic approaches, applied in practice for solving this problem, are considered. A modern approach based on the analysis of the visual representations of the acoustic signal, convolutional neural networks and the machine-hearing paradigm is proposed. A structural diagram of the corresponding methodology underlying the proposed study is presented.

Keywords: voice activity detection, speech signal processing, machine hearing, convolutional neural network.

В настоящее время продолжают активно развиваться технологии анализа речевых сигналов, классификации акустических событий, фильтрации, а также голосовые интерфейсы человеко-машинного взаимодействия, решающие задачи распознавания речи и голосовой биометрии [1]. Для соответствующих систем важную роль играют детекторы акустических событий. На практике целевой сигнал подвержен шумовому воздействию звукового окружения, но прежде чем его обрабатывать и анализировать, необходимо выявить участки фонограммы, на которых он присутствует. В данной работе рассмотрим проблему детектирования голосовой активности (Voice Activity Detection, VAD).

В автоматизированных системах обработки речи детектор голосовой (или речевой) активности позволяет разделить поток аудиоинформации на вокализованные (речевые) и невокализованные (неречевые) участки. Данный этап речевой обработки является базовым компонентом системы и оказывает решающее влияние на её производительность. Его задача заключается в подборе подходящего критерия, который позволит с высокой долей вероятности предсказать, что данный участок фонограммы содержит речь. В результате неверно принятого решения может произойти потеря части полезного сигнала – речевых данных. Детектирование речи также способствует более качественному выявлению информативных признаков речи и, как следствие, увеличению точности распознавания, уменьшению вероятности ошибок первого и второго рода. На сегодняшний день известно множество методов детектирования речи, однако, разработка новых подходов по-прежнему сохраняет свою актуальность.

Считается, что речевые участки акустического сигнала, состоящего из линейной смеси с другими, неречевыми источниками, обладают некоторыми стационарными признаками, по которым их возможно детектировать. Существуют разнообразные методы параметризации речевых сигналов [2]. Можно выделить несколько распространённых информационных признаков речи, которые используются при обнаружении вокализованных участков на фонограмме [3]. Рассмотрим кратко эти методы.

Первый базовый информационный параметр – мощность сигнала. Если мощность рассматривается, как функция времени, её называют временной мощностью, а если, как функция частоты – спектральной плотностью. При использовании данного параметра экспериментальным образом задаётся порог, относительно которого происходит выделение целевого сигнала. Порог может задаваться мощностью фонового шума. Такой метод позволяет в режиме реального времени изменять порог, в зависимости от измерений уровня мощности шума. Но, несмотря на возможность работы в реальном времени, в данном методе не учитываются какие-либо специфические характеристики сигнала, присущие только речевым участкам, поэтому различные импульсные помехи будут детектироваться как речь. Также, в качестве речевого параметра может использоваться динамика изменения мощности сигнала. Так, при возрастании и затухании вокализованных участков речи, уровень мощности будет заметно увеличиваться или уменьшаться.

Другой информационный параметр – число нулевых переходов (Zero Crossing Rate, ZCR). Эта характеристика показывает грубую оценку спектральных свойств акустического сигнала. Считается, что вокализованные участки обладают гораздо меньшим значением ZCR, в сравнении с шумом, для которого это значение является случайным. Однако, использование данного параметра недостаточно эффективно для детектирования речи, поскольку некоторые шумы и музыка могут определяться, как речь, а невокализованные участки речи – наоборот, как шум.

Ещё одним информационным параметром выступают особенности речевого сигнала в кепстральной области. Такой подход основывается на методах кепстрального анализа и детектирует речь путём оценки корреляционных свойств векторов кепстральных коэффициентов [4]. Кепстральный анализ относительно хорошо определяет большинство сигналов, но также испытывает трудности с определением речи на фоне музыкальных и импульсных помех.

Существуют и другие речевые признаки, но в качестве общего вывода можно заключить, что ни один из них не является универсальным стационарным информационным параметром речи. Каждый параметр

при индивидуальном использовании не позволяет с достаточной точностью осуществлять классификацию участков акустических сигналов по критерию речь/не речь. Поэтому для обнаружения речевых участков часто используют комбинацию информационных параметров.

Наиболее простая задача из категории VAD – обнаружение пауз в речевом сигнале (или удаление фрагментов тишины). Речевой детектор производит бинарную классификацию для обрабатываемого фрейма акустического сигнала и принимает решение о наличии речи на данном участке, что довольно легко при отсутствии стационарных или импульсных помех [5]. В таком случае могут использоваться любые речевые признаки из упомянутых выше. Но в реальных условиях входной сигнал представлен в виде смеси информативной составляющей и шума. В некоторых случаях уровень фонового шума может быть очень высок, а речь заглушена этим шумом. Неправильное детектирование речевых участков для подобного сигнала может привести к обрезанию звуков и, как следствие, потери информации. Рассмотрим наиболее распространённые методы обнаружения голосовой активности [6].

Стандартизированные методы VAD в речевых кодеках G.729B и G.723.1A, используемых для представления телефонной речи, выполняют обнаружение с помощью нескольких различных способов, включая анализ спектральной формы и энергии поддиапазонов. Кодер G.729B делит речь на интервалы по 10 мс и вырабатывает решение о наличии или отсутствии речи для каждого фрейма, оценивая при этом четыре параметра: разность энергий всего диапазона, разность энергий диапазона низких частот, искажение спектра, разность частоты переходов через ноль. Алгоритм кодера G.723.1A имеет аналогичную структуру. Отличие заключается в разделении на интервалы по 30 мс.

Алгоритмы VAD кодеров GSM-FR/HR/EFR имеют комплексную структуру. Здесь предсказанная остаточная энергия сигнала сравнивается с адаптивным порогом. Предсказанная остаточная энергия вычисляется с использованием значений действительной и сглаженной автокорреляции, которые описывают спектральные характеристики сигнала.

Метод адаптивного многоскоростного детектирования речи, представленный в кодере AMR1, раскладывает входной сигнал на девять неравномерных поддиапазонов с помощью банка фильтров. При этом, нижние полосы частот имеют меньшую полосу пропускания, а более высокие частотные диапазоны – большую пропускную способность. Затем вычисляется энергия в каждом поддиапазоне с оценкой отношения сигнал/шум (ОСШ). Решение о детектировании принимается путём сравнения суммы ОСШ поддиапазонов с адаптивным порогом и поступает на схему анализа предыдущих решений.

Метод VAD, используемый в кодерах IS-127/133, называется алгоритмом определения скорости (Rate Determination Algorithm, RDA). Он даёт существенное увеличение канальной ёмкости путём контроля мощности радиопередачи с целью ослабления межканальной интерференции. Скорость определяется путём сравнения ОСШ со значениями адаптивных порогов, зависящих от уровня фонового шума и ОСШ предыдущего фрейма. Затем информация поступает на схему анализа предыдущих решений.

Стоит отметить, что данные методы являются узкоспециализированными и применяются в основном в инфокоммуникационных системах передачи информации. Кроме того, ни один из этих методов не демонстрирует высокой достоверности и точности обнаружения речевой активности и пауз одновременно, поэтому требуется как усовершенствование существующих техник, так и разработка новых [7]. Однако, несмотря на значительное количество реализаций VAD, существующие решения полностью не отвечают требованиям, продиктованным особенностями задачи распознавания голосовых участков для анализа речевых сигналов. Данная проблема оказывается слишком сложной для применения методов, основанных на жестких правилах, которые задают множество различных условий и исключений. Также, недостаток многоступенчатого подхода заключается в том, что ошибки, совершенные на одном шаге, распространяются на другие, в результате чего деградирует качество системы.

Таким образом, цель предстоящего исследования – разработать алгоритм детектирования акустических событий, на примере задачи определения вокализованных участков на фонограмме. В результате обзора предметной области был предложен комплексный подход к данной задаче, основанный на методах машинного обучения. Соответствующая блок-схема, описывающая основные этапы, приведена на рис. 1.

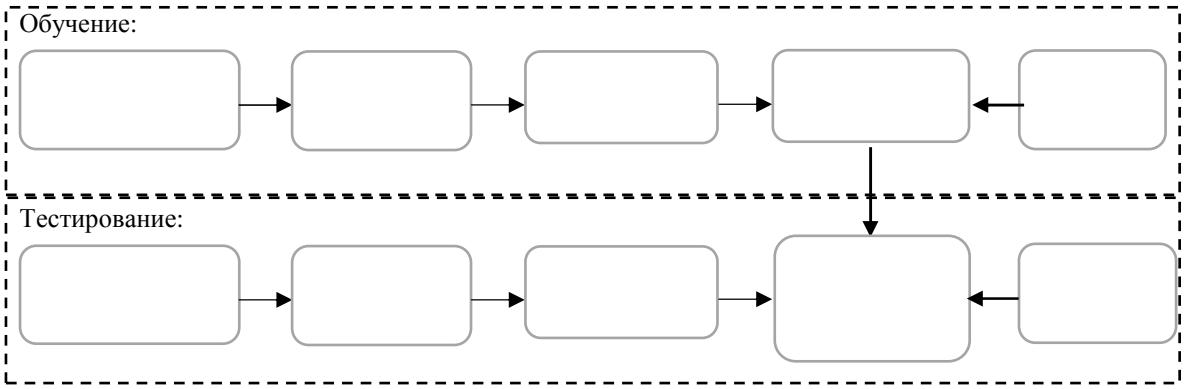


Рис. 1. Структурная схема детектора голосовой активности

Кроме того, для представления акустического сигнала, перспективным является применение подхода с позиции машинного слуха [8], который предполагает моделирование физиологических процессов кодирования слуховой информации на этапе предобработки сигнала.

Наиболее впечатляющие достижения в последние годы были продемонстрированы в области анализа визуальных данных для распознавания изображений с использованием свёрточных нейронных сетей. На этом фоне активно развиваются мультимодальные (аудиовизуальные) подходы к задаче детектирования речи, учитывающие не только аудио, но и видеоинформацию [9].

Однако, посредством кратковременного преобразования Фурье, акустический сигнал также можно представить в качестве изображения. С учётом вышесказанного, в работе предлагается реализовать подход к детектированию голосовой активности на основе визуального представления акустического сигнала [10][11]. Такие изображения не соответствуют статистическому распределению изображений визуальных объектов, однако они обладают собственными пространственными закономерностями во временной и частотной области, на которых возможно выполнить обучение модели. При этом нейронная сеть должна изучить структуру человеческой речи.

В данном аналитическом обзоре были рассмотрены основные методы решения задачи детектирования речи, применяемые в практических приложениях, отмечены их недостатки и обусловлена актуальность разработки новых подходов. Предложен способ решения данной задачи, сочетающий способы визуального представления аудиоинформации, парадигму машинного слуха и искусственные нейронные сети.

Список литературы

1. Кравцов С.А. Исследование работы детектора речевой активности в задаче идентификации диктора / Кравцов С.А., Тупицин Г.С., Топников А.И., Сагациян М.В., Приоров А.Л. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2015. – № 4 (20). – С. 61–68.

2. Яковенко А.А., Сидоренко Е.В. Алгоритмы параметризации речевых сигналов и частичного обучения на закрытом множестве дикторов // XVII Всероссийская научная конференция "Нейрокомпьютеры и их применение". Тезисы докладов. – М.: ФГБОУ ВО МГППУ, 2019. – С. 211–213.

3. Борисевич Д.А., Давыдов Г.В., Попов В.А. Обнаружение речи в сигналах в режиме реального времени // Доклады БГУИР. – 2013. – № 5 (75). – С. 100–103.

4. Зельманский О.Б., Давыдов А.Г. Построение программного модуля сегментации речи на основе анализа изменения спектра // Безопасность информационных технологий. – 2011. – № 3. – С. 127–133.

5. Кравцов С.А., Топников А.И., Приоров А.Л. Оценка значимости акустических признаков в задаче детектирования голосовой активности // Цифровая обработка сигналов. – 2016. – № 2. – С. 9–13.

6. Волченков В.А., Витязев В.В. Методы и алгоритмы детектирования активности речи // Цифровая обработка сигналов. – 2013. – № 1. – С. 54–60.

7. Дмитриев В.Т., Лазарев С.И. Методы повышения эффективности детектирования акустически взвешенных участков речевого сигнала // Перспективные технологии в средствах передачи информации – ПТСПИ'17. – 2017. – С. 183–186.
8. Lyon R.F. Machine hearing: An emerging field // IEEE signal processing magazine. – 2010. – Т. 27. – №. 5. – С. 131-139.
9. Суворов Д.А. Аудиовизуальный детектор голосовой активности на базе глубокой сверточной сети и обобщенной взаимной корреляции / Суворов Д.А., Жуков Р.А., Тетерюков Д.О., Зенкевич, С.Л. // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2018. – № 19 (1) – С. 53–57.
10. Le Cornu T., Milner B. Voicing classification of visual speech using convolutional neural networks // FAAVSP-The 1st Joint Conference on Facial Analysis, Animation and Auditory-Visual Speech Processing. – 2015. – ISCA, Vienna, Austria. – P. 103–108.
11. Sehgal A., Kehtarnavaz N. A convolutional neural network smartphone app for real-time voice activity detection // IEEE Access. – 2018. – Т. 6. – С. 9017-9026.

УДК 004.912

Чернобаев Игорь Дмитриевич,
аспирант кафедры ВСТ.
Скорынин Сергей Сергеевич,
аспирант кафедры ВСТ.
Суркова Анна Сергеевна,
д-р тезн. наук, доцент, доцент кафедры ВСТ

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСКРЕННИХ СООБЩЕНИЙ В ОНЛАЙН СЕРВИСАХ

Россия, Нижний Новгород, НГТУ им Р.Е. Алекссева,
ichernobnn@gmail.com, skorynins@gmail.com, ansurkova@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрено моделирование текстовых данных для последующей классификации. Рассмотрена возможность применение и проанализирована эффективность классических рекуррентных нейронных сетей в рамках задачи бинарной классификации текстовых последовательностей, а также представлена модифицированная рекуррентная нейронная сеть.

Ключевые слова: бинарная классификация, текстовые данные, рекуррентные нейронные сети, функция активации, облегченный управляемый рекуррентный блок.

Chernobaev Sergey,
PhD student at the Department of CST.
Skorynin Sergey,
PhD student at the Department of CST.
Surkova Anna,
DSc, associate professor at the Department of CST

RECURRENT NEURAL NETWORKS APPLICATION IN THE TASK OF INSINCERE MESSAGES DETECTION IN ONLINE SERVICES

Russia, Nizhniy Novgorod, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, ichernobnn@gmail.com, skorynins@gmail.com, ansurkova@yandex.ru

Abstract. The article describes the modeling of textual data for subsequent classification. The possibility of using and analyzing the effectiveness of classical recurrent neural networks in the task of binary classification of text sequences is considered, and a modified recurrent neural network is presented.

Keywords: binary classification, text data, recurrent neural networks, activation function, facilitated controlled recurrent unit.

Сегодня важной задачей любого крупного веб-сайта, предназначенного для общения и обмена информацией, является выявление язвительного и сеющего распри контента. Крупные вопросно-ответные платформы, такие как Quora, StackOverflow, StackExchange и др. стремятся решить эту проблему, дабы дать пользователям возможность чувствовать себя в безопасности во время общения, публикации и аргументирования ответов. Сегодня эта задача решается алгоритмами машинного обучения и, поскольку существует вероятность ошибки алгоритма классификации, администраторами сайтов.

На Quora ежедневно множество пользователей задают вопросы, контактируют с друг с другом, делятся уникальными идеями, информативными ответами и полезными ссылками на источники информации. Вопросы, основанные на ложных предпосылках, заданные не с намерением обрести знание или вектор поиска информации, но с целью самоутверждения, заявления, уменьшают аудиторию пользователей и наносят ущерб репутации такого рода платформ. Такие вопросы относят к разряду неискренних (insincere questions). Например, неискренние вопросы: «Did Julius Caesar bring a tyrannosaurus rex on his campaigns to frighten the Celts into submission?» или « Why do Europeans say they're the superior race, when in fact it took them over 2,000 years until mid 19th century to surpass China's largest economy?», искренние вопросы: «Why does velocity affect time?», «How did Otto von Guericke used the Magdeburg hemispheres?» Ввиду большой аудитории, весьма затруднительно вручную обнаруживать вопросы и сообщения такого рода, поэтому одним из приоритетных направлений приведенных выше веб-сайтов является выявление и отсеивание неискренних вопросов и сообщений.

В данном исследовании решается задача бинарной классификации «Искренний-Неискренний» вопросов, анализируется применение рекур-

рентных нейронных сетей и их архитектурных модификаций. Исследование проводилось в рамках участия в соревновании «Quora Insincere Questions Classification» в онлайн сообществе Kaggle [1].

В работе использовались нейросетевые модели, основанные на рекуррентной архитектуре [2]. Такие модели хорошо зарекомендовали себя в задаче классификации последовательностей [3]. Рекуррентные связи нейрона содержат закодированную информацию о поступавших ранее на вход нейрона данных.

Сеть с долговременной краткосрочной памятью (LSTM) является модификацией рекуррентной нейронной сети (РНС), в основе которой заложены механизмы противодействия значимым проблемам каждой глубокой нейронной сети – исчезающему и зашкаливающему градиенту [2].

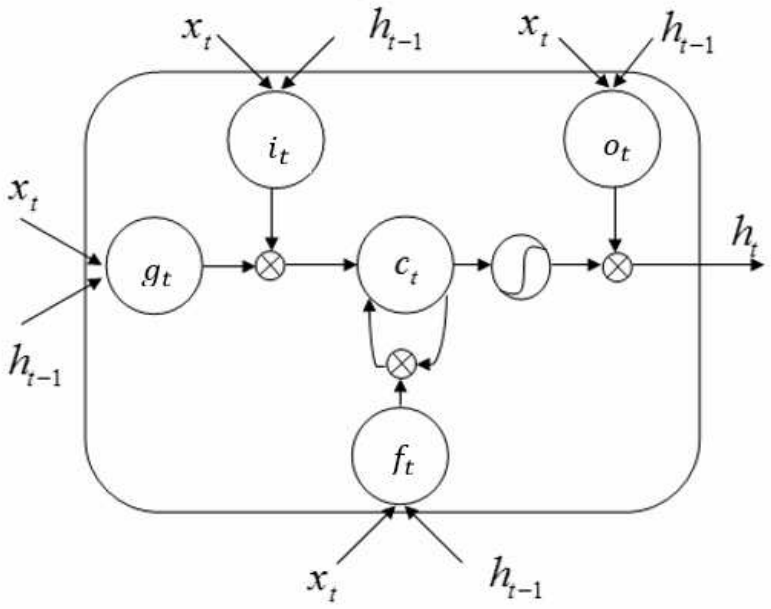


Рис. 1. Архитектура нейрона LSTM сети

Следующие уравнения отражают процесс преобразования сигнала в нейроне:

$$i_t = \sigma(U_i \cdot x_t + W_i \cdot h_{t-1}),\ f_t = \sigma(U_f \cdot x_t + W_f \cdot h_{t-1}),$$

$$o_t = \sigma(U_o \cdot x_t + W_o \cdot h_{t-1}),\ g_t = \tanh(U_g \cdot x_t + W_g \cdot h_{t-1}),$$

$$c_t = \tanh(i_t \circ g_t + f_t \circ c_{t-1}),\ h_t = o_t \circ c_t$$

Здесь i, f, o, g – векторы фильтров сети, предназначенные для контроля величины проходящего через них сигнала; $\sigma(z)$, $\tanh(z)$ – функции активации – сигмоидальная и гиперболический тангенс соот-

ветственно; x – входной вектор; c_t — вектор внутреннего состояния ячейки сети; h – вектор скрытого состояния ячейки сети; $U_i, U_f, U_o, U_g, W_i, W_f, W_o, W_g$ – матрицы весовых коэффициентов фильтров i, f, o, g; t – индекс элемента обучающей последовательности.

Управляемый рекуррентный блок GRU [4] – вариант модификации LSTM, в котором задано меньшее количество фильтров по сравнению с LSTM. В [4] установлено, что его эффективность при решении задач моделирования музыкальных и речевых сигналов сопоставима с использованием LSTM, а производительность выше за счет меньшего объема вычислений.

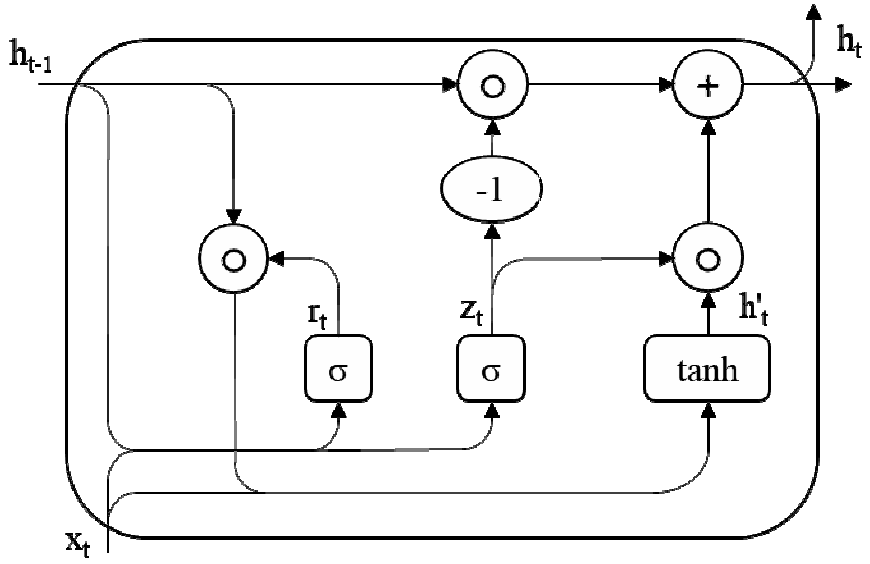


Рис. 2. Архитектура управляемого рекуррентного блока.

Уравнения ниже отражают процесс преобразования информации в нейроне управляемого рекуррентного блока:

$$z_t = \sigma(U_z \cdot x_t + W_z \cdot h_{t-1}),\ r_t = \sigma(U_r \cdot x_t + W_r \cdot h_{t-1}),$$
$$\tilde{h}_t = \tanh(U_h x_t + W_h \cdot (r_t \circ h_{t-1})),\ h_t = z_t \circ h_{t-1} + (1 - z_t) \circ \tilde{h}_t$$

Здесь z, r - векторы фильтров обновления и сброса соответственно, x – входной вектор, h – выходной вектор, $U_z, U_r, U_h, W_z, W_r, W_h$ - матрицы весовых коэффициентов фильтров z, r и вывода h соответственно. Принцип действия фильтров аналогичен принципу в LSTM нейроне.

Облегченный управляемый рекуррентный блок (Light GRU) – новая модификация, представлена в [5], где авторы пересмотрели и провели оптимизацию архитектуры GRU нейрона.

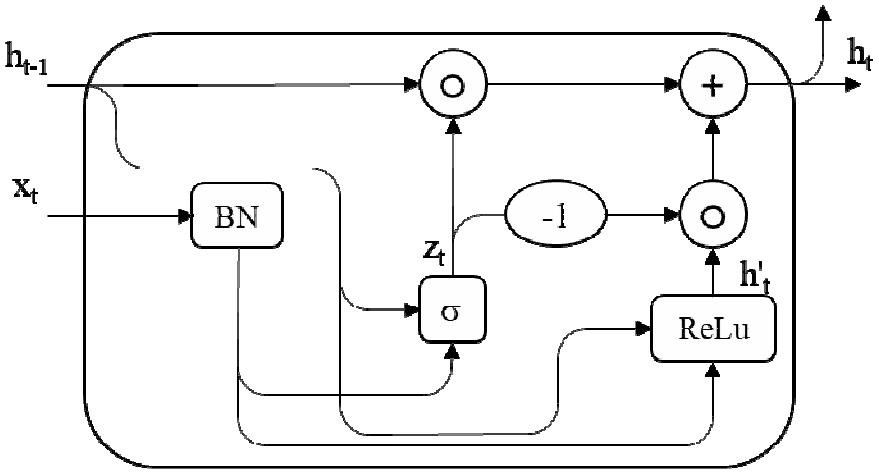


Рис. 3. Архитектура облегченного управляемого рекуррентного нейрона.

1. Удаление фильтра сброса

Фильтр сброса вносит избыточность в архитектуру нейрона, ввиду наличия фильтра обновления. Идея в переложении функционала фильтра сброса на фильтра обновления. Таким образом, после удаления фильтра сброса, процесс обработки сигнала в нейроне описывается следующими уравнениями:

$$z_t = \sigma(BN\ (U_z \cdot x_t) + W_z \cdot h_{t-1}), \tilde{h}_t = \mathrm{Re}Lu(BN(U_h x_t) + W_h \cdot h_{t-1}),$$

$$h_t = z_t \circ h_{t-1} + (1 - z_t) \circ \tilde{h}_t$$

2. Функция активации ReLU и нормализация батча

Выпрямленная линейная единица (ReLu) – функция активации, определяемая уравнением $\mathrm{ReLu} = \max(0, x)$. Данная функция обладает низкой вычислительной сложностью и потому часто используется на практике при моделировании нейронных сетей.

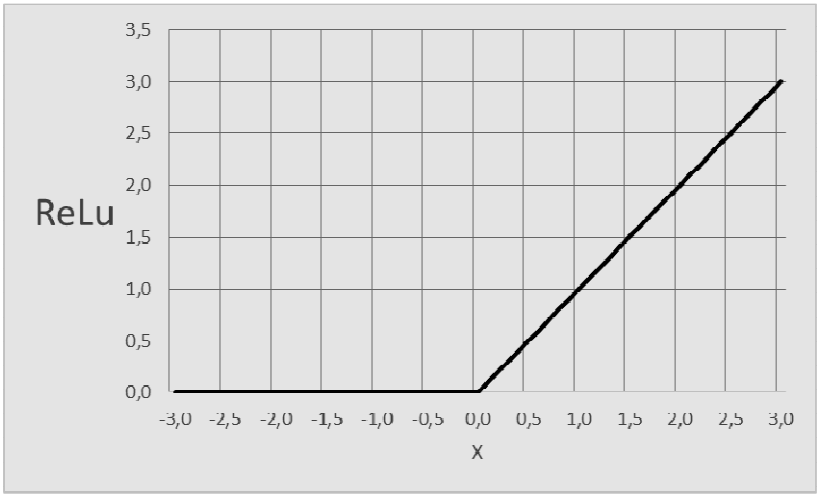


Рис. 4. График функции ReLu.

Функция имеет следующие ограничения:

- Функция не дифференцируема в точке 0
- Не ограничена сверху
- Функция возвращает 0 в половине области определения, «игнорирует» отрицательные значения, чем снижает возможности нейрона по извлечению паттернов из входящего сигнала.

Обычно, для обучения нейронной сети, выполняется предварительная обработка поступающих на вход данных: все данные нормализуются таким образом, что становятся похожими на нормальное распределение – нулевое среднее и унитарная дисперсия. Предварительная обработка решает задачу регуляризации входных данных и предотвращает раннее насыщение нейронов.

Батч-нормализация — метод ускорения глубокого обучения, предложенный в 2015 году [6]. Метод решает следующую проблему, препятствующую эффективному обучению нейронных сетей: по мере распространения сигнала по промежуточным слоям сети, даже если мы нормализовали его на входе, пройдя через внутренние слои, он может сильно исказиться как по мат ожиданию, так и по дисперсии ввиду постоянно меняющегося распределения активаций и, как следствие, адаптации каждого слоя на каждом тренировочном шаге к новому распределению. Данная проблема получила название внутреннего ковариантного сдвига [6] и приводит к несоответствиям между градиентами на различных уровнях. Вследствие этого, приходится использовать методы регуляризации, замедляя тем самым темп обучения.

Нормализация производится во время обучения следующим образом:

1. Вычисление математического ожидания и дисперсии ввода слоя.

$\mu_b = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_i$ – атематическое ожидание,

$\sigma_b^2 = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} (x_i - \mu_b)^2$ – дисперсия.

2. Нормализация ввода слоя за счет использования вычисленной ранее статистики батча.

$$\overline{x_i} = \frac{x_i - \mu_b}{\sqrt{\sigma_b^2 + \varepsilon}}.$$

3. Масштабирование и сдвиг для того чтобы получить вывод слоя. $y_i = \gamma \overline{x_i} + \beta$.

Стоит отметить, что γ и β – гиперпараметры сети и их оптимальные значения определяются во время обучения.

Так, если каждый батч состоит из m примеров и всего в датасете j батчей:

$E_x = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{j}\mu_b^{(i)}$ – среднее значение вывода,

$Var_x = (\frac{m}{m-1})\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{j}(\sigma_b^{(i)})^2$ – дисперсия логического вывода,

$y = \frac{\gamma(x - E_x)}{\sqrt{Var_x + \varepsilon}} + \beta$ – масштабирование и сдвиг вывода.

Во время тестирования, значение и дисперсия фиксированы. Они оцениваются с использованием ранее вычисленных средних и вариаций каждого тренировочного батча.

Объединение описанной выше функции активации с батч-нормализацией позволило использовать преимущества ReLu функции без численных проблем.

Облегченный управляемый рекуррентный блок с функцией активации swish. Функция активации ReLu широко применяется в глубоких нейронных сетях. Данная функция активации не имела лучших альтернатив до 2017 года, пока команда Google Brain не представила комплексное исследование функций активации [7]. В данной работе авторы предложили достойную альтернативу – функцию, которая получила название «swish». – f(x) = x * sigmoig(x). Эксперименты, проведенные исследователями, показали, что данная функция превосходит ReLu в моделях глубоких нейронных сетей на таких задачах как распознавание изображений и машинный перевод.

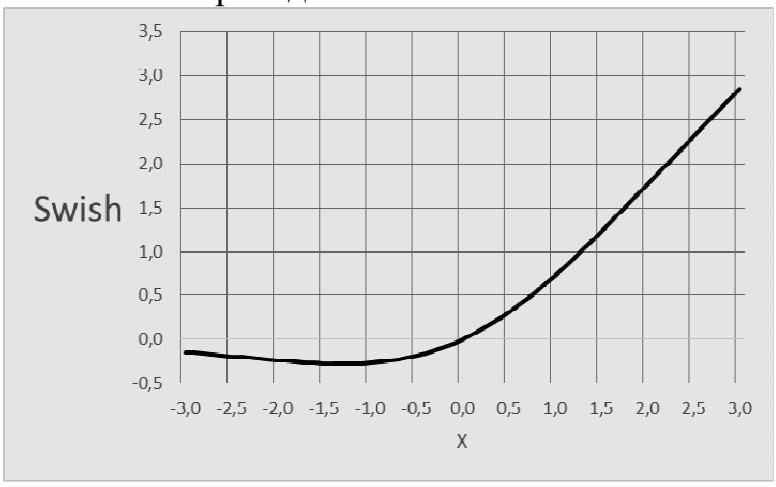
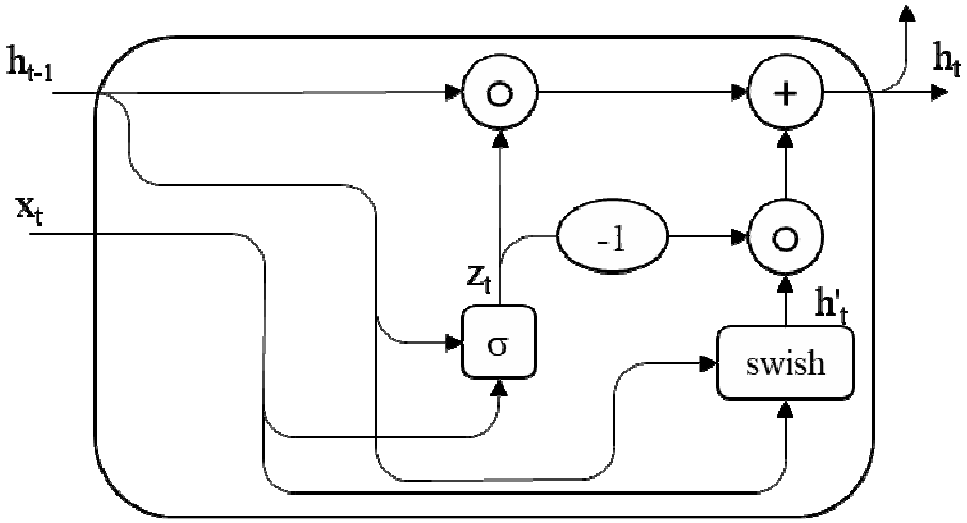


Рис. 5. График функции swish.

Проблема с ReLu заключается в том, что ее производная равна нулю для отрицательного диапазона данных, следовательно, это приводит к нулевому градиенту и «умиранию» нейрона – состоянию, в котором нейрон больше не активируется и становится рудиментом. Предложенная функция позволяет использовать более глубокие нейросетевые модели.



Рис/ 6. Архитектура облегченного управляемого рекуррентного нейрона с функцией активации swish.

В соответствии с [7], в результате применения данной функции, этап батч-нормализации становится избыточным.

Тренировочный набор данных (датасет) «Quora Insincere Questions Classification» предоставлен платформой Quora. Каждому вопросу в датасете присвоен уникальный идентификатор и класс (1 - неискренний, 0 - искренний). Всего в датасете содержится более 1.3 млн. размеченных вопросов. После предварительной обработки датасета, включающей удаление стоп слов и замену сокращений (например, «aren't» на «are not») количество уникальных слов составило 166289. Максимальная длина вопроса составила 125 слов. Датасет был разделен на тренировочный и тестовый наборы – по 1175509 и 130613 вопросов соответственно. Эксперименты проводились на устройстве с 12.9 Гб ОЗУ и установленным GPU с 12Гб памяти. Каждая модель обучалась в течении трех тренировочных эпох. Для оценки классификации использовались метрики f1-меры, точности и чувствительности:

Точность – доля верных положительных решений классификатора среди всех (верных и ложных) положительных решений: $precision = \frac{TP}{TP + FP}$.

Чувствительность – доля верных положительных решений классификатора среди всех верных (положительных и отрицательных) решений классификатора: $recall = \frac{TP}{TP + TN}$.

Здесь TP – True Positive, TN – True Negative, FP – False Positive.

Мера F1 – гармоничное среднее точности и чувствительности: $F1 = 2 * \frac{precision * recall}{precision + recall}$.

Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Оценки классификации моделей

	Время обучения, мин	Шаг обучения, микро с	f1-score	precision	Recall
GRU	10.1	517	0.651	0.719	0.595
LSTM	12.0	660	0.642	0.677	0.610
LGRU	12.9	620	0.525	0.569	0.487
GRU w Swish	10.8	548	0.651	0.723	0.591
LSTM w Swish	13.5	690	0.610	0.638	0.585
LGRU w Swish	7.0	381	0.656	0.715	0.607

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на используемом датасете опробованные модели и модификации, показывают примерно одинаковую эффективность. Использование батч-нормализации в LGRU, негативно отразилось на эффективности и производительности сети. Применение функции swish не дало ощутимых преимуществ в плане эффективности и производительности модификаций GRU, LSTM, но дало существенный выигрыш производительности в LGRU, что объясняется отсутствием этапа батч-нормализации ввиду использования функции Swish.

Результирующие оценки моделей свидетельствуют об актуальности применения РНС в задаче классификации текстовых последовательностей.

В данной работе для решения задачи бинарной классификации использовались широко известные и применяемые РНС, их модификации. LGRU впервые применена для решения задачи классификации текстовой последовательности. За три эпохи обучения выбранные модели достигли удовлетворительных результатов. Для получения лучших результатов, возможно, стоит использовать более продвинутые и глубокие архитектуры, например, двунаправленные сети, модель энкодер-декодер, глубо-

кие РНС с несколькими слоями, а также попытаться добавить в модели регуляризацию.

Список литературы

1. https://www.kaggle.com/c/quora-insincere-questions-classification (дата обращения: 15.04.2019).
2. А. С. Суркова, И. Д. Чернобаев. Сравнение нейросетевых архитектур в задаче автоматической классификации текста.
3. Чернобаев И. Д., Суркова А. С., Панкратова А. З. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ. – 2018.
4. Chung J. et al. Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling //arXiv preprint arXiv:1412.3555. – 2014.
5. Ravanelli M. et al. Light gated recurrent units for speech recognition //IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence. – 2018. – Т. 2. – №. 2. – С. 92-102.
6. Ioffe S., Szegedy C. Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift //arXiv preprint arXiv:1502.03167. – 2015.
7. Ramachandran P., Zoph B., Le Q. V. Searching for activation functions //arXiv preprint arXiv:1710.05941. – 2017.

УДК 62-405

Nie Jinliang,
Master Degree Student

CIFAR10 IMAGE CLASSIFICATION BASED ON RESNET

Russia, St.Petersburg, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
272729768@qq.com

Abstract. We trained 4 different deep residual networks to classify 60 thousands low-resolution images in the Cifar10 dataset into 10 different classes. Then We compared these four different depth of residual net (ResNet- 20,ResNet56,Resnet110,ResNet164) and we found that among all networks we tried ,ResNet164 gave best performance ,achieved 94% accuracy on the test dataset. To reduce overfitting , in the fully-connected layers we employed a regularization method “drop out”, also we employed data augmentation, batch normalization and decayed learning rate to combat overfitting.

***Keywords*:** base, classification, fully-connected layers resnet.

1 Introduction

In recent years deep convolutional neural networks have achieved series of breakthroughs in the field of image classifications. Deep convolutional neural nets (CNNs) have a layered structure and each layers is consisted of convolutional filters. By convolving these filters with the input image, feature vectors for the next layer are produced and through sharing parameters, they can be learnt quite easily. Although deep networks can have better performance in classification most of the times, they are harder to train mainly due to two reasons:

- Vanishing / exploding gradients: sometimes a neuron dies during training process and depending on its activation function it might never come back .
- Harder optimization: when the model introduces more parameters, it becomes more difficult to train the network.

One effective way to solve these problems is Residual Networks (ResNets). The main difference in ResNets is that they have shortcut connections parallel to their normal convolutional layers. Contrary to convolution layers, these shortcut connections are always alive and the gradients can easily back propagate through them, which results in a faster training.

In this paper we are going to use ResNets in Cifar10 image classification task. In the section 2 we will describe the Cifar10 data set and keras ,the frame work we used for our implementations. In the section 3 we explain how we design our networks, the basic block that we employed in all our networks, and the data augmentation technique and some tricks we used to prevent overfitting. In the section 4 we will discuss our results and show how does the best performance ResNet compare to others. In our conclusion in section 5 we will point out a few considerations that must be accounted when designing a ResNet.

2 The dataset and implementations

In this section we describe the dataset we worked on and the framework we used for network implementations and model training.

2.1. Dataset

In this project we worked on the Cifar10 dataset. This dataset consists of a training set of 50, 000 images and a test set of 10, 000 images from 10 different classes of objects. All images in Cifar10 are 32 × 32 color images and 10 different classes represent airplanes, cars, birds, cats, deer, dogs, frogs, horses, ships, and trucks. There are 6,000 images of each class. Figure 1 shows a few sample images from different classes of Cifar10 datasets.

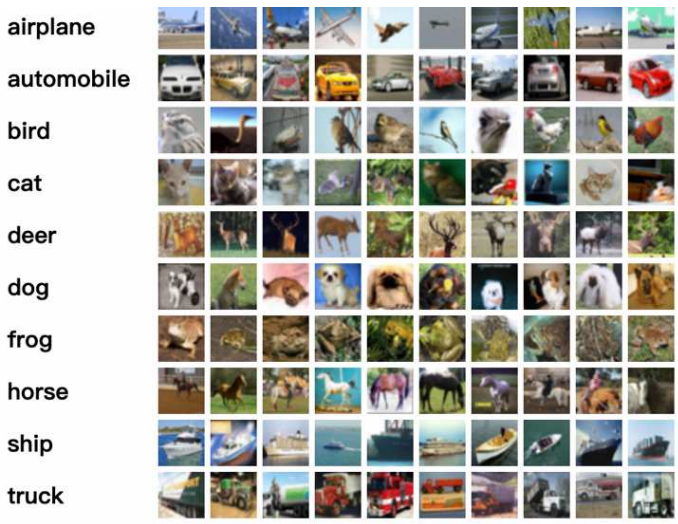


Figure 1. Few sample images from cifar10 datasets

2.2 Keras

Keras is a scientific open source computing framework with wide support for neural network implementaions. In this project we used this framework to implement and train different ResNet. Keras has many predefined neural network layers and also packages that enable us to run our training algorithms on GPUs.

3 Network design and

3.1. Network Architectures

Just like with normal convolution layers, these residual blocks can be layered to create networks of increasing depth. Below is the basic structure of the Cifar10 residual network, with the depth being controlled by a multiplier *n* which dictates how many residual blocks to insert between each down sampling layer. Down sampling is done by increasing the stride of the first convolution layer in a residual block. Whenever the number of filters are increased the first convolution layer within a residual block will do the down sampling. The structure of this architecture can be seen below, the depth is controlled by a multiplier *n* and Figure 2 shows a basic block of a ResNet.

Group	Size	Multiplier
Conv1	[3x3, 16]	-
Conv2	[3x3, 16] [3x3, 16]	*n*
Conv3	[3x3, 32] [3x3, 32]	*n*
Conv4	[3x3, 64] [3x3, 64]	*n*
Avg-Pool	8x8	-
Softmax	10	-

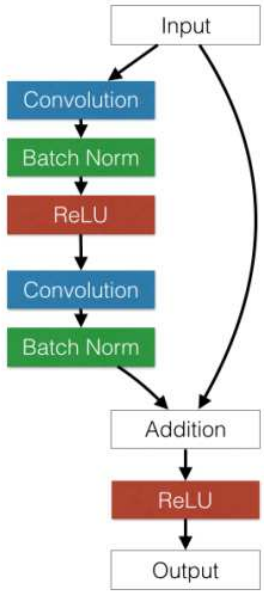


Figure 2. A RestNet basic block

3.2. Data Augmentation

As the data were fed into the network we used real-time data augmentation by Image data generator function in keras. This effectively results in random translations. Additionally, a horizontal flip was applied with probability 0.5, and randomly shift images horizontally and vertically with 0.1 also was applied.

4. Results

4. 1. Training and regularization

For each networks (except RestNet-20 without BN and drop out) were trained with 200 epochs (full passes through training dataset) with Adam, batch size 32 and categorical cross-entropy loss. For the each architecture, the initial learning rate was set to 0.001 to warm up the network and was increased to 0.1 at epoch 80 then continued on the same schedule as the other networks. For all networks the learning rate was adjusted by the following schedule {0:0.001, 80: 0.0001, 120:0.00001,160:le-5,180:0.5 le-6}.Drop out of 0.3 was used before fully connected layer.

4.2. Results on test set

Our results on Cifar10 are summarized in table 2. In the first model we trained ResNet-20 with no batch normalization and drop out, our network exhibits substantial overfitting by only achieved 74.6% accuracy rate on test set. We also compare 20,56,110,164-layers networks,Table 1 shows the behaviors of the ResNets. The deep ResNet benefit from increased depth, and exhibit higher training accuracy and test accuracy when going deeper and we got best performance on the ResNet-164.

*Table.*1 Classification accuracy on the test set

ResNet Type	Acc on training set	Acc on test set	Params
RestNet-20 (without BN and drop out)	90.3%	74.6%	277K
ResNet-20	98.2%	90.1%	277K
ResNet-56	98.4%	91.3%	850K
RestNet-110	98.1%	93.39%	1.7M
ResNet-164	99.2%	94.2%	2.5M

5. Conclusion

As we explained in our results adding a BN layer after convolutional layers and drop out can improve the accuracy in the image classification task. But the trade of is that residual networks are more prone to overfitting which is undesirable. We showed that by using different machine learning techniques like drop out layer and image augmentation we can reduce this overfitting .We also observed that ResNets are more powerful for very deep networks.

References

1.K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun. Deep residual learning for image recognition. arXiv preprint arXiv:1512.03385, 2015.

2. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun, “Identity Mappings in Deep Residual Networks”

УДК 62-405

Зарур Лотфи [1]**,**
аспирант,
Малыхина Галина Федоровна [2] **,**
профессор, д-р техн. наук, профессор

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДОЛИ СВОБОДНОГО ГАЗА В ТОВАРНОЙ НЕФТИ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Политехническая, 29.
e-mail: lotfi.zarour.92@gmail.com

Аннотация. Дисбаланс между добытой нефтью, Russia, Rostov-on-Don, Rostov State University of Economics («RINH»), akurbesov@yandex.ru поступающей в трубопровод, и нефтью, получаемой потребителем, является реальной проблемой. Для решения этой проблемы предложено использовать методы компьютерной томографии. Статья посвящена исследованию методов реконструкции участка трубопровода для определения временных интервалов, в течение которых в потоке нефти отсутствуют газовые включения. Компьютерная томография основана на методах восстановления изображений. Выполнено сравнение аналитических методов восстановления: метода обратной проекции (ОП) и фильтрованной обратной проекции (ФОП) и итерационных методов: метода одновременной алгебраической реконструкции (ОАР) и одновременной итерационной алгебраической реконструкции (ОИАР). Моделирование проводилось с использованием программы Astratoolbox с открытым исходным кодом. Результаты показывают, что метод ОАР и ОИАР дают наиболее точные восстановленные изображения.

Ключевые слова: Нефтяной дисбаланс, промышленная компьютерная томография, одновременная алгебраическая реконструкция, одновременная итерационная реконструкция.

Lotfi Zarour[1],
P.H.D. – student,
Galina F. Malykhina[2],
Professor, Doctor of Technical Sciences

APPLICATION OF COMPUTER TOMOGRAPHY METHODS FOR THE PROBLEM OF MEASURING THE RELATIVE VALUE OF FREE GAS IN COMMODITY OIL

St. Petersburg. Russia.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
[1] e-mail: 1lotfi.zarour.92@gmail.com
[2] g_f_malychina@mail.ru

Abstract. The imbalance between the produced oil entering the pipeline and the oil received by the consumer is a real problem. To solve this problem, it is proposed to use methods of computed tomography. The article is devoted to the methods for the reconstruc-

tion of the pipeline section to determine the time intervals during which there are no gas babbles in the oil flow. Computed tomography is based on image recovery techniques. Back Projection (BP) and Filtered Back Projection (FBP) and iterative reconstruction techniques: Simultaneous Algebraic Reconstruction Technique (SART) and Simultaneous Iterative Reconstruction Technique (SIRT), the simulation was performed using Astratoolbox an open source image reconstruction tool for tomography, then the reconstructed images were compared using the relative root mean square error and a conclusion is achieved. The results demonstrate that the SIRT and SART method has given the closest reconstructed images.

Keywords: Oil imbalance, industrial computed tomography, simultaneous algebraic reconstruction, simultaneous iterative reconstruction.

Введение. При коммерческом учете товарной нефти обычно предполагают, что потоки товарной нефти не содержат свободный газ. Однако, существующие дисбалансы между поставщиками и потребителями нефти из трубопроводов приводит к предположению о том, что в товарной нефти имеется свободный газ, относительная доля которого может достигать 1-3%. В рамках предприятий-поставщиков нефти наличие дисбаланса приводит к многомилионным потерям. Весьма большие потери возникают в рамках нефтяной отрасли в целом при выполнении экспортных поставок.

Относительная доля свободного газа определяется соотношением площади сечения трубы, заполненной свободным газом и нефтью:

$$\varphi(t) = \frac{S_{Г}(t)}{S_{Тр}} \qquad (1)$$

где $S_{\text{тр}}$ – площадь поперечного сечения трубопровода, $S_{Г}(t)$ – площадь поперечного сечения трубопровода, заполненного газом в момент времени *t*.

Средняя доля свободного газа, измеренная в течение времени T:

$$\varphi(T) = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{S_{Г}(t)}{S_{Тр}}\,dt. \qquad (2)$$

Относительное содержание газа может быть определено путем измерения плотности потока в элементарном объеме $S_{\text{тр}}\Delta l$ по формуле:

$$\varphi = 1 - \frac{\rho_{см}}{\rho_{неф}}, \qquad (3)$$

где $\rho_{см}$ – плотность смеси газа и нефти, $\rho_{неф}$ – плотность чистой нефти.

Измерение плотности потока товарной нефти выполняется бесконтактным методом с помощью фотонного плотномера. Основным источником погрешности измерения в том случае является определение интервалов времени, в течение которых свободный газ отсутствует в потоке.

Для более точного определения участков наличия или отсутствия свободного газа целесообразно использоватьметоды компьютерной томографии (КТ). КТ на основе гамма-квантов или рентгеновских лучей содержит два этапа. На первом этапе объект сканируют гамма или рентгеновскими лучами, которые затухают в результате поглощения веществом, заполняющим трубу. Это затухание должно быть обнаружено детектором. На втором этапе выполняется реконструкция структуры объекта. Восстановление изображения из данных, собранных детектором во время сканирования, может быть выполнено с использованием нескольких методов. Методы восстановления включают аналитические методы, такие как обратная проекция (ОП) и фильтрованная обратная проекция (ФОП), и алгебраические методы, такие как метод одновременной реконструкции (ОАР) и метод одновременной итерационной алгебраической реконструкции (ОИАР).

Целью данной статьи является сравнение этих различных методов томографической реконструкции изображений нефтяного потока с целью определения наличия в нем включений свободного газа.

Методы аналитической реконструкции структуры потока. Аналитическая реконструкция заключается в получении изображения путем инвертирования преобразования Радона. Оператор R_f, который выражает проекцию f называется преобразованием Радона. Более точно он выражается в точке $u\Theta$ уравнением:

$$\mathrm{Rf(u,\theta)=p\theta(u)} \qquad (4)$$

где u - координата, θ - угол, правая часть уравнения (1) является интегралом:

$$\mathrm{p}_\theta(u) = \int_{D_\theta} f\big(u\cos(\theta) - v\sin(\theta), u\sin(\theta) - v\cos(\theta)\big)dv, \qquad (5)$$

Если представить значения $p\Theta_u$ в плоскости оси u, например, оттенками серого, мы получим синограмму. Эта синограмма, набор синусоид, не является желаемым изображением и визуально не интерпретируется человеком. Поэтому необходимо решить проблему восстановления.

Метод обратных проекций. Принцип обратной проекции заключается в присвоении значения $p_0(u)$ в любой точке, помещенной на проекционный луч, и последующее суммирование вкладов от всех проекций. Обратная проекция всех проекций определяет оператор $B(p)$, известный как оператор обратной проекции, полученный суммированием по всем углам:

$$B_p(x,y) = \int_0^\pi \big(x\cos(\theta) + y\sin(\theta)\big)d\theta, \qquad (6)$$

где x, y – координаты.

В этом случае полученное изображение является размытым вариантом исходного изображения. Поэтому этот метод может привести к погрешностям определения структуры потока.

Метод фильтрации обратных проекций. Фильтрация обратной проекции, выполняется в области Фурье:

$$P(\xi,\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} p(u,\theta)\exp(-j2\pi\xi u)du \qquad (7)$$

где $p(u,\theta)$ - результат преобразования Радона, $P(\xi,\theta)$ - результат преобразования Фурье от $p(u,\theta)$.

Фильтрация основана на следующем математическом выражении:

$$f(x,y) = \int_{0}^{\pi}\left(\int_{-\infty}^{+\infty} P(\xi,\theta)|\xi|\exp(j2\pi\xi u)d\xi\right)(x\cos\theta + y\sin\theta)d\theta \qquad (8)$$

где x, y - пространственные координаты, $|\xi|$ - рамповый фильтр. Эта формула выражает $f(x,y)$ как результат восстановления из проекций, отфильтрованных в частотной области. Величина $f(x,y)$ является восстановлением из проекций сигнала, полученного обратным преобразованием Фурье [6].

Итерационные методы реконструкции. Рассмотрим метод одновременной алгебраической реконструкции (ОАР). *ОАР* –это базовый итерационный метод, предназначенный для решения линейной системы при реконструкции изображения. Метод [1] начинается с произвольного $\boldsymbol{x^0}$, а затем сходится через итерацию:

$$f_j^{k+1} = f_j^k + \frac{\lambda}{\sum_{i=1}^{M} a_{i,j}} \sum_{j=1}^{M} a_{i,j} \frac{b_i - \sum_{l=1}^{M} a_{i,l} f_l^k}{\sum_{l=1}^{M} a_{i,l}}, \qquad (9)$$

где f_j^k – изображение, полученное на *k*-ом шаге итерационного восстановления, k – номер итерации, b_i – проекция для каждого луча i, a_{ij} – вероятность того, что фотон, испущенный в пикселе изображения *j*, будет обнаружен детектором *i*. Значение вероятности обнаружения a_{ij} определяется физическими процессами, такими как геометрическая эффективность коллиматора, затухание, обеспечиваемое материалом, окружающим радиоактивный пиксель *j*, и эффективность обнаружения системы визуализации [2].

Метод одновременной итерационной реконструкции ОИАР широко используется при реконструкции, поскольку он более стабильный в случае зашумленных проекций [7]. ОИАР состоит в коррекции каждого

f_i с помощью всех лучей, проходящих через пиксель x_i. Уравнение для оценки $f^{(k)}$ путем коррекции $f^{(k-1)}$ выглядит следующим образом:

$$f_i^k = f_i^{k-1} + \frac{\sum_j p_j}{\sum_j \sum_i R_{i,j}} - \frac{\sum_j R_j f^{k-1}}{\sum_j \left\| R_j \right\|^2} \qquad (9)$$

Суммирование, относящееся ко всем индексам j таким, что луч j пересекает пиксель x_i.

Коэффициент нормализации $\|R_i\|^2$ является нормой линии матрицы R, соответствующей j, т. е. в простом случае она равна числу пикселей, пересеченных лучом j. Короче говоря, луч j позволяет исправить все пиксели, через которые он проходит.

Инструменты и метод оценки. Свободный газ находится в трубе в виде мелких включений. Поэтому в качестве фантома использовано изображение сечения трубопровода, показанное на рис. 1.

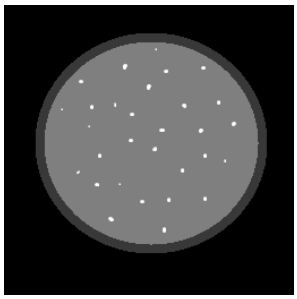


Рис. 1. Фантомные изображения, используемые в качестве входных данных для моделирования.

Фантом, содержащий различные эллиптические формы и интенсивности серого цвета, представляющие собой горизонтальное сечение трубы, содержащей пузырьки газа в жидкости. Фантомное изображение размером 256×256 проецируется в пространство Радона. Фантомное изображение используется в качестве входных данных для моделирования.

Для оценки алгоритмов восстановления изображений был рассчитан критерий относительной среднеквадратической ошибки (с.к.о.) между исходным и восстановленным изображениями. Относительная величина с.к.о. определяется по формуле:

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(f_i - \hat{f}_i \right)^2}{\sum_{i=1}^{n} \hat{f}_i^{\,2}}} \qquad (10)$$

где $f_i, \hat{f}_i$ - соответственно исходное и восстановленное изображение, n - число точек.

В среде MATLAB с использованием пакета ASTRA Toolbox [3][4] были реализованы и сопоставлены методы.

Обсуждение результатов. Это исследование предназначено для сравнения различных методов реконструкции томографических изображений, таких как ОП, ФОП, ОАР и ОИАР, результаты представлены в этом разделе. Для различных алгоритмов, упомянутых выше, моделирование было выполнено с проекционным числом 16, 32, 72 и 180 для угла охвата в диапазоне от 0° до 180°, остальные 180° являются зеркальным отображением, так как направление, в котором лучи проходят через материал, не имеет значения.

Полученные результаты показали, что для ОП реконструированные изображения сильно размыты, хотя улучшение качества реконструированного изображения происходит по аналогии с количеством проекций, как показано на рис. 2, это размытие связано с перекрытием преобразования Фурье изображений вокруг низкочастотных областей.

Для решения проблемы размытости используем фильтр. На рис.3. можно видеть результаты реконструкции с использованием метода ФОП. На изображения, восстановленные из низкого проекционного числа, влияют артефакты, которые снижают качество реконструкции. Качество восстановления приемлемо только для 72 проекций.

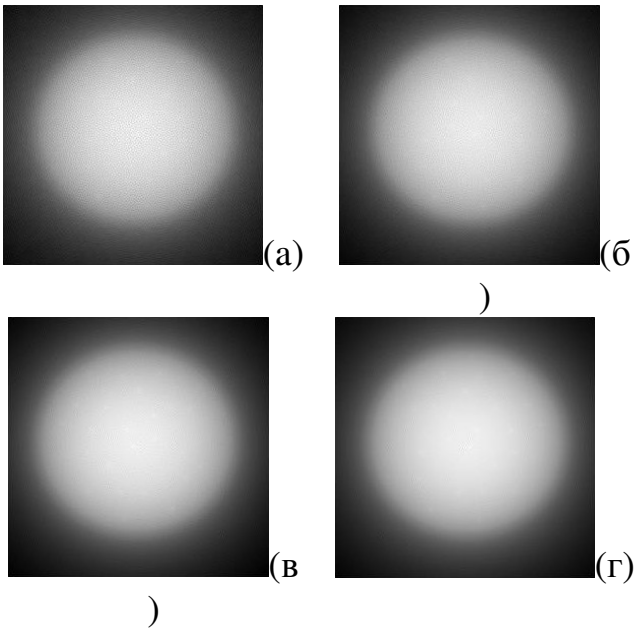


Рис. 2.Реконструированные изображения с использованием ОП (а-16 проекций, б-32 проекции в-72 проекции, г-180 проекции)

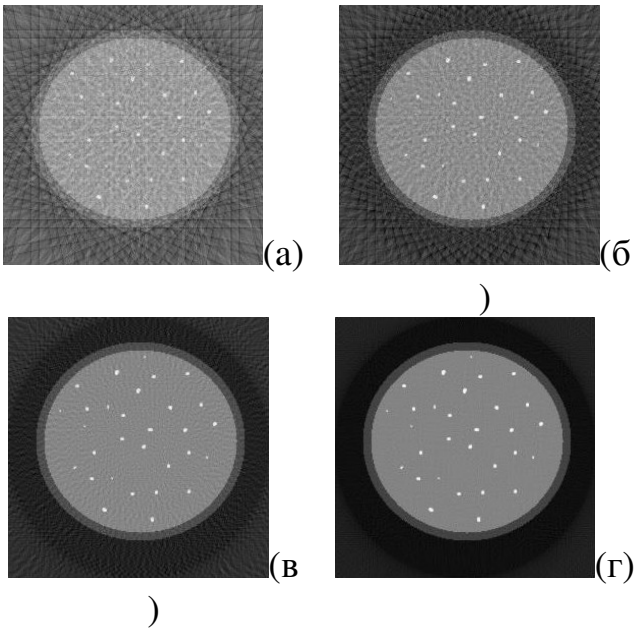


Рис. 3. Реконструированные изображения с использованием ФОП (а-16 проекций, б-32 проекции в-72 проекции г-180 проекции)

В алгебраических методах количество итераций составляет 200 для и ОАР, чтобы сосредоточиться на влиянии числа проекций на эти методы, моделирование показало важное наблюдение, что, несмотря на меньшее количество проекций (16 и 32), изображения, восстановленные ОАР и ОИАР, явно лучше. На рис.4 и рис.5 отсутствуют артефакты, генерируемые при использовании аналитических методов ОП и ФОП.

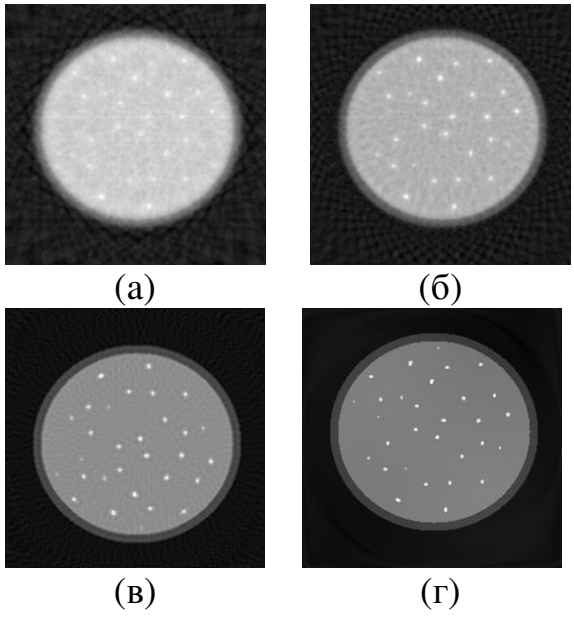


Рис. 4. Реконструированные изображения с использованием SART (а-16 проекций, б-32 проекции в-72 проекции г-180 проекции)

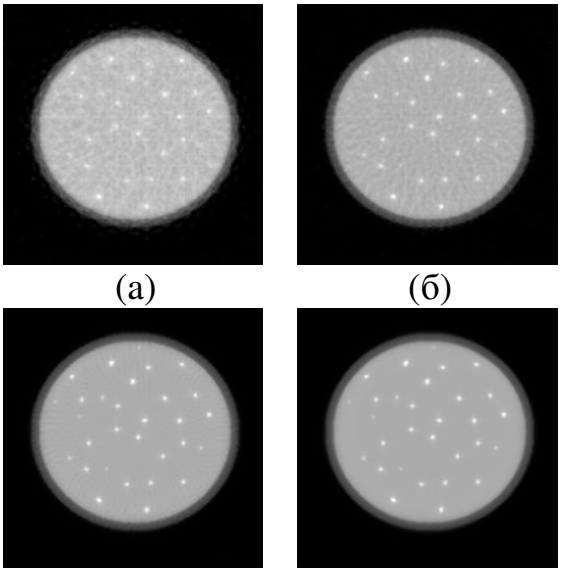


Рис. 5. Реконструированные изображения с использованием ОИАР (а-16 проекций, б-32 проекции, в-72 проекции, г-180 проекции)

Оценка качества восстановления, представлена в табл. 1. Чем меньше погрешность, тем ближе восстановленное изображение к исходному.

*Таблица*1.Количество проекций и относительной погрешности

Количество проекций	**Погрешность γ**		
	ФОП	ОАП	ОИАП
16	0.85	0.19	0.21
32	0.81	0.16	0.17
72	0.59	012	0.12
180	0.39	0.11	0.099

Заключение. Применение промышленной компьютерной томографии при измерении двухфазных потоков нефти и газа позволяет получить более точные результаты измерения содержания газа в потоке и расхода нефти и газа без прямого доступа к потоку.

Изучение алгоритмов томографии показало, что методы АОР и АИОР позволяют получить меньшую относительную среднеквадратическую ошибку при реконструкции изображения, чем аналитический метод ОП и ФОП. Это позволяет сделать вывод о том, что методы ОАР и ОИАР должны быть применены в системе измерения продукции нефтяных скважин томографическими системами, которые станут нашей следующей работой.

Для повышения производительности измерительного прибора можно использовать меньшее количество проекций, с приемлемым ухудшением качества реставрации. При небольшом количестве проекций методы ОАР и ОИАР имеют более значительное преимущество перед методами ОП и ФОП.

Список-литературц

[1] A. Andersen, “imultaneous Algebraic Reconstruction Technique (SART): A superior implementation of the ART lgorithm,” Ultrasonic Imaging, vol. 6, no. 1, pp. 81–94, 1984.

[2] A. Boudjelal, Z. Messali, A. Elmoataz, and B. Attallah, “Improved Simultaneous Algebraic Reconstruction Technique Algorithm for Positron-Emission Tomography Image Reconstruction via Minimizing the Fast Total Variation,” Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences, vol. 48, no. 4, pp. 385–393, 2017.

[3] W. V. Aarle, W.J. Palenstijn, J. D. Beenhouwer, T. Altantzis, S. Bals, K.J. Batenburg, and J. Sijbers, “The ASTRA Toolbox: A platform for advanced algorithm development in electron tomography,” Ultramicroscopy, vol. 157, pp. 35–47, 2015.

[4] W. V. Aarle, W. J. Palenstijn, J. Cant, E. Janssens, F. Bleichrodt, A. Dabravolski, J. D. Beenhouwer, K. J. Batenburg, and J. Sijbers, “Fast and flexible X-ray tomography using the ASTRA toolbox,” Optics Express, vol. 24, no. 22, p. 25129, 2016.

[5] D. V. Kalaga, A. V. Kulkarni, R. Acharya, U. Kumar, G. Singh, and J. B. Joshi, “Some industrial applications of gamma-ray tomography,” Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, vol. 40, no. 6, pp. 602–612, 2009.

[6] Abdullah J, Cassanello M.C.F, Dudukovic M.P, Dyakowski T, Hamada M.M., and Jin, J.H, Industrial Process Gamma Tomography. Vienna, Austria: IAEA, 2008.

[7] H. Banjak, T. Grenier, T. Epicier, S. Koneti, L. Roiban, A.-S. Gay, I. Magnin, F. Peyrin, and V. Maxim, “Evaluation of noise and blur effects with SIRT-FISTA-TV reconstruction algorithm: Application to fast environmental transmission electron tomography,” Ultramicroscopy, vol. 189, pp. 109–123, 2018..

[8] N. Chetih and Z. Messali, “Tomographic image reconstruction using filtered back projection (FBP) and algebraic reconstruction technique (ART),” 2015 3rd International Conference on Control, Engineering & Information Technology (CEIT), 2015.

[9] S. Rit, D. Sarrut, and L. Desbat, “Comparison of Analytic and Algebraic Methods for Motion-Compensated Cone-Beam CT Reconstruction of the Thorax,” IEEE Transactions on Medical Imaging, vol. 28, no. 10, pp. 1513–1525, 2009.

[10] G. Vijayalakshmi and P. Vindhya, “Comparison of Algebraic Reconstruction Methods in Computed Tomography,” International Journal of Computer Science and Information Technologies, vol. Vol. 5, pp. 6007–6009, 2014.

[11] W.V. Aarle, K.J. Batenburg, G.V. Gompel, E.V. D. Casteele, and J. Sijbers, “Super-Resolution for Computed Tomography Based on Discrete Tomography,” IEEE Transactions on Image Processing, vol. 23, no. 3, pp. 1181–1193, 2014.

[12] W.V. Aarle, W.J. Palenstijn, J.D. Beenhouwer, T. Altantzis, S. Bals, K.J. Batenburg, and J. Sijbers, “The ASTRA Toolbox: A platform for advanced algorithm development in electron tomography,” Ultramicroscopy, vol. 157, pp. 35–47, 2015.

[13] W. Palenstijn, K. Batenburg, and J. Sijbers, “Performance improvements for iterative electron tomography reconstruction using graphics processing units (GPUs),” Journal of Structural Biology, vol. 176, no. 2, pp. 250–253, 2011.

[14] G. Johansen, “Gamma-ray tomography,” Industrial Tomography, pp. 197–222, 2015.

[15] M. Askari, A. Taheri, M.M. Larijani, and A. Movafeghi, “Industrial gamma computed tomography using high aspect ratio scintillator detectors (A Geant4 simulation),” Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol. 923, pp. 109–117, 2019.

[16] E.M. Bruvik, B.T. Hjertaker, and A. Hallanger, “Gamma-ray tomography applied to hydro-carbon multi-phase sampling and slip measurements,” Flow Measurement and Instrumentation, vol. 21, no. 3, pp. 240–248, 2010.

[17] J. Kim, S. Jung, J. Moon, and G. Cho, “A feasibility study on gamma-ray tomography by Monte Carlo simulation for development of portable tomographic system,” Applied Radiation and Isotopes, vol. 70, no. 2, pp. 404–414, 2012.

[18] C. H. D. Mesquita, D. V. D. S. Carvalho, R. Kirita, P. A. S. Vasquez, and M. M. Hamada, “Gas–liquid distribution in a bubble column using industrial gamma-ray computed tomography,” Radiation Physics and Chemistry, vol. 95, pp. 396–400, 2014.

[19] R. Adams and R. Zboray, “Gamma radiography and tomography with a CCD camera and Co-60 source,” Applied Radiation and Isotopes, vol. 127, pp. 82–86, 2017.

[20] M. Schubert, G. Hessel, C. Zippe, R. Lange, and U. Hampel, “Liquid flow texture analysis in trickle bed reactors using high-resolution gamma ray tomography,” Chemical Engineering Journal, vol. 140, no. 1-3, pp. 332–340, 2008.

УДК 33,61

Загарских Елена Юрьевна[1],
д-р мед. наук, профессор кафедры эндокринологии
им. акад. В.Г. Баранова.
Загарских Юлия Александровна[2],
студент

ПРИМЕНЕНИЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

[1] Северо-Западный государственный медицинский университет
им. Мечникова, zagarsklena@mail.ru
[2] Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
zagarskih_July@mail.ru[2]

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы кибербезопасности и использования искусственного интеллекта в медицине, возможности внедрения искусственного интеллекта в качестве диагностики болезней.

Ключевые слова: кибербезопасность, информационная безопасность, киберфизическая система, киберфизическое общество, диагностика, искусственный интеллект, медицина, экономика, машинное обучение, диабетическая ретинопатия.

Elena Ju. Zagarskikh[1],
Dr. med. sciences, professor of the department of endocrinology
them. Acad. V.G. Baranova,
Yulia A. Zagarskikh [2],

CYBERSECURITY APPLICATIONS AND THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE

[1] North-western State Medical University named after I.I. Mechnikov, zagarsklena@mail.ru
[2] Saint-Petersburg State University of Economics, zagarskih_July@mail.ru

Abstract: The article discusses the use of cybersecurity and the use of artificial intelligence in medicine, the possibility of introducing artificial intelligence as a diagnosis of diseases.

Keywords: cyber security, information security, cyberphysical system, cyberphysical society, diagnostics, artificial intelligence, medicine, Economics, machine learning, diabetic retinopathy.

Кибербезопасность – это глобальное явление, представляющее сложную социально-техническую задачу для правительства, но требующее участия отдельных лиц. Хотя кибербезопасность является одной из наиболее важных задач, стоящих сегодня перед правительством, наглядность и осведомленность общественности остаются ограниченными. Почти все слышали о кибербезопасности, однако срочность и поведение людей не отражают высокий уровень осведомленности. Интернет слишком часто рассматривается как безопасная среда для обмена информацией, транзакции и управление физическим миром. Тем не менее, кибервойны уже идут и продолжаются, и необходимо срочно подготовиться к ним. Неспособность создать кибербезопасность может привести к неспособности разработать подходящую политику. [4]

Рассматривается потенциал кибербезопасности в пяти измерениях (нис1):

Рис. 1. Потенциал кибербезопасности.

1. Разработка политики и стратегии в области кибербезопасности,
2. Поощрение ответственной культуры кибербезопасности в обществе;

3. Развитие знаний о кибербезопасности;

4. Создание эффективной нормативно-правовой базы;

5. Контроль рисков с помощью стандартов, организаций и технологий.

Эти пять аспектов охватывают широкий круг областей, которые следует учитывать при поиске путей укрепления потенциала в области кибербезопасности. Мы признаем, что эти аспекты могут дублировать друг друга по некоторым вопросам, и, действительно, в центре потенциала хочется уловить взаимозависимость между возможностями в области кибербезопасности, поскольку он проводит больше обзоров национального потенциала.

Запуск: на данном этапе либо не существует зрелости в области кибербезопасности, либо она носит очень зародышевый характер. Ведутся начальные дискуссии о создании потенциала кибербезопасности, но нет конкретных действий. На данном этапе отсутствуют наблюдаемые доказательства [1].

Формирующее: некоторые особенности аспектов начали расти и формулироваться, но могут быть случайные, неорганизованные, плохо определенные или просто «новые». Однако доказательства этой деятельности могут быть четко продемонстрированы.

Установлено: элементы аспекта на месте и работают. Тем не менее, нет продуманное рассмотрение относительного распределения ресурсов. Небольшие компромиссные решения были сделаны относительно «относительных» инвестиций в различные элементы аспекта. Но аспект является функциональным и определенным [3].

Стратегический: был сделан выбор о том, какие части аспекта важны, а какие менее важны для конкретной организации или нации. Стратегический этап отражает тот факт, что эти выборы были сделаны, в зависимости от нации или организации.

Динамический: на данном этапе существуют четкие механизмы для изменения стратегии в зависимости от преобладающих обстоятельств, такие как технология угрозы окружающей среды, глобальный конфликт или существенное изменение в одной из проблемных областей (например, киберпреступность или конфиденциальность). Динамические организации разработали методы для изменения стратегии с ходу. Быстрое решение. [1]

В апреле 2018 года Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) предоставило разрешение на продажу IDx-DR (DEN180001) в качестве первой диагностической системы на основе искусственного интеллекта (AI), который не

требует интерпретации клиницистом для обнаружения степени тяжести у пациентов с диабетической ретинопатии, у взрослых с диагнозом сахарный диабет [2]. По сути, это «Программное обеспечение как медицинское устройство» (SaMD) применяет алгоритм искусственного интеллекта для анализа изображений глаза, снятых ретинальной камерой, которые загружаются на облачный сервер. Устройство принимает решение о скрининге относительно того, имеет ли заинтересованное лицо «больше, чем легкая степень тяжести диабетическая ретинопатия» и, если это так, направляется ли на дальнейшее медицинское обследование. Если результат скрининга отрицательный, лицо будет повторно проверено через 12 месяцев. Важно отметить, что IDx-DR следует применять специально для выявления диабетической ретинопатии, а также у лиц, с подозрением наличия у них ретинопатии [5].

IDx-DR способен к машинному обучению (ML), которое является подмножеством искусственного интеллекта и относится к набору методов, которые имеют возможность автоматически обнаруживать шаблоны в данных для прогнозирования тенденций данных или для принятия решений в неопределенных условиях [6].

Здравоохранение в настоящее время предоставляется лицензированными специалистами в аккредитованных учреждениях или лицензированных клиника и предназначено для передачи от профессионала по утвержденным каналам получателям помощи. Профессионал здесь также является хранилищем знаний, которое подчеркивает понятие фидуциарных отношений, когда врач должен действовать в наилучших интересах его или его пациента. Приложения для искусственного интеллекта являются частью быстро растущего числа новых технологий, которые прямо или косвенно позволяют непрофессионалам получать доступ к обширному пулу знаний, взаимодействовать с другими людьми с опытом и / или опытными знаниями и могут в конечном итоге получить точный диагноз и разработать эффективные схемы здравоохранения независимо от врача. Приложения искусственного интеллекта также могут изменить текущую практику здравоохранения. Во многих системах здравоохранения клиническая медицина все больше отражает модель, основанную на схеме, когда все меньше клиницистов следят за болезнями от их проявления до конечного результата.

FDA обеспечило интенсивное взаимодействие и руководство для компании по эффективной разработке устройства, чтобы ускорить сбор доказательств и его обзор устройствами, которое обеспечивает более эффективное лечение или диагностику опасного для жизни или необратимо изнурительного заболевания или состояния, без каких-либо утвержденных или одобренных альтернатив.

Подход, основанный на оценке риска, принят FDA, и его применение к общему процессу жизненного цикла продукта воплощено в ISO 14971, а также в сопроводительном руководящем документе ISO TR 24971 [7].

Радиологи и клиницисты, использующие методы искусственного интеллекта, должны оценить значения, которые могут быть либо встроены в систему, либо введены через данные. Устройства и системы искусственного интеллекта могут быть обучены поддерживать практики, которые отражают одни этические цели, но не другие, и могут даже обучаться обходить законные этические и юридические требования. Модели ML также могут включать в себя неявные отклонения отбора из демографического состава населения, используемого для его обучения, которое может не отражать целевую группу населения, в которой оно будет применяться [8].

Список литературы:

1. Cybersecurity Capacity Maturity Model for Nations (CMM) / Global Cyber Security Capacity Centre University of Oxford 3/31/2016.
2. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов FDA разрешает продавать устройства на основе искусственного интеллекта для выявления определенных проблем с глазами, связанных с диабетом 11 апреля 2018 г. [Электронный ресурс] URL: https://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm604357.htm.
3. The Practice of Network Security Monitoring: Understanding Incident Detection and Response / Richard Bejtlich; 2013 год [Электронный ресурс] URL: http://file.allitebooks.com/20150523/The%20Practice%20of%20Network%20Security%20Monitoring.pdf.
4. Cyber-physical systems and their security issues / R. Alguliyev, Y. Imamverdiyev, L. Sukhostat 2018 [Электронный ресурс] URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517304244.
5. Управление по контролю за продуктами и лекарствами Является ли продукт медицинским прибором? Министерство здравоохранения и социальных служб США 2018 [Электронный ресурс] URL: https://www.fda.gov/medicaldevices/deviceregulationandguidance/overview/classifyyourdevice/ucm051512.htm.
6. Машинное обучение: вероятностная перспектива / К. П. Мерфи MIT Press, Cambridge MA (2012).
7. Программное обеспечение Управления по контролю за продуктами и лекарствами как медицинское устройство (SAMD): клиническая оценка Министерство здравоохранения и социальных служб США 2017 [Электронный ресурс] URL: https://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/UCM524904.pdf.
8. А. Тан, Р. Там, А. Cadrin-Chenevert, и др. Белая книга канадской ассоциации радиологов по искусственному интеллекту в радиологии Can Assoc Radiol J, 69 (2) (2018), стр. 120 – 135.

УДК 621.77.04, 616-77

Мадалиев Андрей,
магистр, аспирант,
Иванов Владимир Михайлович,
профессор, д-р физ.-мат. наук, профессор

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПЕРЕДОВОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ

Россия, Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
madaa258@mail.ru
ivm@spbstu.ru

Аннотация. В статье исследуются перспективы использования цифровых технологий при проектировании и изготовлении протезов как пути уменьшения их стоимости. Особое внимание уделяется аддитивным технологиям (3D-печати). Приводятся примеры их применения, выделяются существующие ограничения. На основе проведенного исследования доказывается экономическая целесообразность применение аддитивных технологий в передовом протезировании.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, протезы, протезирование, кастомизация, углеволокно, стоимость.

Andrew Madaliev[1],
Master of Science, postgraduate student,
Vladimir M. Ivanov[2],
Professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN ADVANCED PROSTHETICS

Russia, Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
madaa258@mail.ru
ivm@spbstu.ru

Abstract. The paper explores the prospects for the use of digital technologies in the design and manufacture of prostheses as a way to reduce their cost. Special attention is paid to additive technologies (3D printing). Examples of their use are given, the existing limitations are highlighted. On the basis of the conducted research, the economic feasibility of the application of additive technologies in advanced prosthetics is proved.

Keywords: additive technology, 3D-printing, prosthesis, prosthetics, customization, carbon, cost.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) за 2017 г. 0,5% мирового населения (35-40 млн. человек) нуждаются в услугах протезирования. При этом доступ к данным услугам во многих странах имеют только 5-15% людей. Причиной этого, помимо недостатка

квалифицированной медицинской помощи, является и высокая стоимость современных протезов [1].

Подобная ситуация обуславливается слабым технологическим развитием данной области, несмотря на то, что первое упоминание о протезе относится к 3500-1800 гг. до н.э. [2]. Однако за столь долгое время выделились основные требования к протезам: функциональность, небольшая масса, визуальная имитация оригинала. Наиболее остро данные требования применимы к протезам нижних конечностей, поскольку потеря последних приводит к резкому сокращению мобильности, и, как следствие, всей жизнедеятельности человека.

Модернизация протезов проявляется в первую очередь в модернизации их конструкции и применяемых материалов. Так, к концу XIX века основные компоненты протезов нижних конечностей изготавливались из стали, всё более вытесняя громоздкие деревянные конструкции и соответственно уменьшая общую массу. А уже с начала XX века стальные компоненты всё более вытеснялись алюминиевыми; с середины XX века – начал активно использоваться пластик и силикон [2]. Современные протезы имеют гидравлические, пневматические, гибридные гидравлико-пневматические приводы, микропроцессорную систему управления; активно используются композитные углеволокна; обеспечивается переменная жесткость за счет конструкции [3]. Значительную роль на технические характеристики и стоимость все больше влияет и технология производства протезов.

Наиболее перспективным путем удешевления производства протезов представляется применение цифровых аддитивных технологий. Проблема стоимости наиболее остро заметна в случае детей-ампутантов: протезы конечностей необходимо заменять как минимум каждые 2 года по мере роста ребенка. Применение аддитивных технологий позволяет сократить стоимость протеза с нескольких тысяч до порядка 50 долларов США. Кроме того, важным достоинством этого является возможность создать индивидуальный протез с учетом предпочтений ребенка [4].

Кастомизация протеза является безусловным преимуществом применения аддитивных технологий. Становится возможным не просто воспроизвести контуры тела максимально соответствующие отсутствующей конечности, но и превратить протез в устройство для хранения повседневных принадлежностей, или вообще, используя ряд декоративных накладных щитков не скрывать, а демонстрировать его как аксессуар [5].

Цифровые технологии, кроме собственно 3D-печати, также могут способствовать уменьшению себестоимости протезов. К примеру посредством использования открытого исходного кода программ компании e-NABLE можно сократить первоначальные временные и финансовые затраты на запуск производства протезов в любой точке мира [6].

Разумеется, применение аддитивных технологий в протезировании в настоящее время имеет существенное ограничение: 3D-принтеры, печатающие углеволокном, все еще имеют высокую себестоимость, потому в большинстве своем не могут быть применены в производстве бюджетных протезов, вместо них используются принтеры, печатающие менее прочным ABS-пластиком [7].

Таким образом, в случае протезов верхних конечностей уже сейчас представляется возможным выполнение большинства компонентов полностью напечатанными. В случае протезов нижних конечностей пока что оптимальным является применение в качестве печати кастомизированных декоративных накладок, повторяющих контуры голени или бедра; использование при создании мастер-моделей для последующей отливки из более прочных материалов. Несмотря на это аддитивные технологии находят всё большее применение в повседневной жизни человека. Так, например, в октябре 2015 года компания Adidas заявила о запуске производства индивидуальной обуви для профессиональных спортсменов, изготовленной посредством 3D-печати [8], а уже с ноября 2018 года началась массовая реализация такой обуви [9] – подобный опыт в смежных областях все быстрее приближает широкое применение аддитивных технологий в передовом протезировании.

Список литературы

1. Standards for Prosthetics and Orthotics. Part 1: Standards. – World Health Organization: 2017. – с. 28.

2. Vanderwerker, E.E. A Brief Review of the History of Amputations and Prostheses / Earl E. Vanderwerker // ICIB. – 1976. – Vol 15. – Num 5. – с. 15-16.

3. Endolite. Каталог компонентов для изготовления протезов нижних конечностей – 2018. – 1-е изд. – Endolite, февраль 2017. – 140 с.

4. Birrell, I. 3D-printed prosthetic limbs: the next revolution in medicine [Электронный ресурс] / Ian Birrell // The Guardian. – 19 фев. 2017. – Режим доступа: https://www.theguardian.com/technology/2017/feb/19/3d-printed-prosthetic-limbs-revolution-in-medicine. – (Дата обращения: 15.04.2019).

5. Kane, P. Being bionic: how technology transformed my life [Электронный ресурс] / Patrick Kane // The Guardian. – 15 нояб. 2018. – Режим доступа: https://www.theguardian.com/technology/2018/nov/15/being-bionic-how-technology-transformed-my-life-prosthetic-limbs. – (Дата обращения: 15.04.2019).

6. McCue, TJ. 3D Printed Prosthetics [Электронный ресурс] / TJ McCue // Forbes. – 31 авг. 2014. – Режим доступа: https://www.forbes.com/sites/tjmccue/2014/08/31/3d-printed-prosthetics/#5170d9ff33b4. – (Дата обращения: 15.04.2019).

7. Копылов Евгений. Профессиональная FDM-печать. Новые материалы. Новые горизонты применения [Электронный ресурс] // Конференция Top 3D Expo 2018. – 17 мая 2018. – Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=o6Y7ao-I-zc. – (Дата обращения: 15.04.2019).

8. Adidas breaks the mold with 3D-printed performance footwear [Электронный ресурс] // Adidas. – 7 окт. 2015. – Режим доступа: https://news.adidas.com/futurecraft/adidas-breaks-the-mold-with-3d-printed-performance-footwear/s/8099a318-f9e7-45d8-9887-42c3dde5e6fd. – (Дата обращения: 15.04.2019).

9. Adidas 4D redefines running for your sport with all-new FW18 Alphaedge 4D [Электронный ресурс] // Adidas. – 14 нояб. 2018. – Режим доступа:

https://news.adidas.com/running/adidas-4d-redefines-running-for-your-sport-with-all-new-fw18-alphaedge-4d/s/2adc084e-0dda-4f4d-87b9-f6b2fda13d67. – (Дата обращения: 15.04.2019).

УДК 004.02

Курбесов Александр Валерианович,
доцент, канд. экон. наук,
Туров Вадим Игоревич,
старший преподаватель
Кухаренко Елизавета Александровна,
старший преподаватель,
Данилова Татьяна Викторовна,
старший преподаватель,

ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ КОХОНЕНА ДЛЯ АНАЛИЗА УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ ПО ГОРОДАМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Россия, Ростов-на-Дону, Ростовский государственный экономический университет («РИНХ»), akurbesov@yandex.ru

Аннотация. Целью работы является проведение кластерного анализа уровня жизни населения и социальной сферы субъектов Ростовской области с помощью самоорганизующихся карт Кохонена и обработка полученных результатов. Инструментом кластерного анализа выбрана нейронная сеть Кохонена, эмулируемая в среде IDE Visual Studio. В качестве субъектов авторам параметров обучения нейронной сети послужили четыре города. Городами-лидерами оказались: Ростов-на-Дону и Волгодонск, отстающими - Новочеркасск и Батайск. Экспериментальная обработка полученных кластеров проводилась в средеVisual Studio на основе визуализации многомерных данных с помощью самоорганизующихся карт Кохонена. Объективность полученных авторами результатов подтверждается их идентичностью с результатами кластерного анализа с помощью алгоритма k-means.

***Ключевые слова*:** кластерный анализ, карта Кохонена, социально-экономические показатели, анализ уровня жизни.

Alexander V. Kurbesov,
Associate professor, K. E. N.,
Vadiv I. Turov,
Teacher
Elisaveta A. Kukharenko,
Teacher
Tatiana V. Danilova,
Teacher.

APPLICATION OF KOHONEN CARDS FOR ANALYSIS OF LIVING STANDARDS OF POPULATION AND SOCIAL SPHERE BY CITIES OF ROSTOV REGION

Russia, Rostov-on-Don, Rostov State University of Economics («RINH»), akurbesov@yandex.ru

Abstract. The aim of the work is to conduct a cluster analysis of the standard of living of the population and the social sphere of the subjects of the Rostov region with the help of self-organizing maps of Kohonen and processing of the results. The cluster analysis tool selected the Kohonen neural network emulated in the visual Studio IDE. Four cities served as subjects for the authors of neural network learning parameters. Cities-leaders were: Rostov-on-don and Volgodonsk, lagging behind - Novocherkassk and Bataysk. Experimental processing of the obtained clusters was carried out in Visual Studio based on visualization of multidimensional data using self-organizing Kohonen maps. The objectivity of the results obtained by the authors is confirmed by their identity with the results of cluster analysis using the k-means algorithm.

Keywords: cluster analysis, Kohonen map, socio-economic indicators, analysis of living standards.

Современные взгляды на состояние социальной сферы требуют научного подхода к анализу возникающих проблем. Такой подход в настоящее время стал необходимым и обязательным условием.

Анализ различных социальных факторов задействует широкий спектр различных экспертных методов, метод бальных оценок и др.

Изучение социальной сферы осложняется большим количеством разнородных показателей и их большой размерностью. Одним из широко применяемых подходов многомерного анализа является кластеризация. Чрезвычайно эффективным инструментом такого анализа может выступать самоорганизующаяся нейронная сеть, введенная в практику финским ученым Тойво Кохоненом в 1984 г. Важным преимуществом такой сети, по сравнению с другими подходами, является возможность наглядного отображения получаемых результатов.

Структура самоорганизующейся сети Кохонена

Сети Кохонена могут использовать неупорядоченные нейроны (слои Кохонена) и самоорганизующиеся карты, которые строятся на основе упорядоченных нейронов. Важным преимуществом этих сетей, является возможность ее обучения без учителя и специфический механизм конкуренции.

Каждый слой подобной нейронной сети представляет собой нейронную сеть, которая содержит один слой, а ее конкурирующая передаточная функция анализирует выходные значения для всех нейронов последнего слоя и выбирает максимальное из этих значений. Кратко опишем алгоритм функционирования такой сети. При автоматической классификации или при big data или data mining могут возникать перекосы исходных данных из-за проблемы размерности. Если какие-то числа бу-

дут очень большие, какие-то очень маленькие, это может привести к существенным погрешностям в работе алгоритма. Поэтому первым делом мы должны нормировать X. $Max_n=max_{m,} X_{nm}$, n=1…N:

1. $Min_n=max_m X_{nm}$, n=1…N
2. $a_n=(Max_n- Min_n)-1$ $b_n= Min_n/(Max_n- Min_n)$ Если максимум и минимум совпадает, то у столбца должны быть одинаковые значения. В этом случае такой столбец следует удалить из исходных данных.
3. $X_{nm}=a_nX_{nm}+b_n$, легко заметить, что у нас где X_{nm} равно мах, выражение обращается в 1, где min обращается в 0. После окончания работы алгоритма имеет смысл провести операцию денормировки, - возврата чисел от относительных величин к исходным значениям.
4. Возьмем случайную величину на этом интервале. Напомню что, исходные данные нормированы на участке от 0 до 1, и мы с размерностью не пересекаемся. При этом существует риск, что алгоритм будет работать при разных запусках по-разному. Для рассматриваемого алгоритма, если данные удачно классифицируются, то начальные данные повлияют только на названия классов. Если мы будем несколько раз запускать алгоритм, на одних и тех же данных, группировка по классам будет сохраняться, а нумерация классов будет всегда разниться. Если же мы будем классифицировать на завышенное число классов, то это может привести к неустойчивости каждого класса в отдельности
5. Выбираем коэффициент обучения: λ
6. Пока $\lambda>0$ выполнять следующие шаги

6.1. Повторять L раз, (в наших исследованиях мы использовали L =10

6.2. Для каждого x_m данного 6.1 ищем вектор w_k, который наиболее близок к вектору x_m Это характерная для сети Кохонена

6.3. Мы должны скорректировать вектор w в соответствии с обучающей процедурой:

$$w_{kn}= w_{kn}+\lambda(x_{mn}- w_{kn})$$

6.4. $\lambda=\lambda- \Delta \lambda(=0.05)$

В результате этих действий наша сеть обучена.

Для визуального представления многомерных свойств объектов предназначены карты Кохонена или самоорганизующиеся карты.

Карты Кохонена

Самоорганизующиеся карты Кохонена это особый вид нейронных сетей, которые используют при кластеризации данных. Объекты, между векторами которых минимальное расстояние попадают в близко лежащие ячейки, которые обычно имеют шестиугольную форму. Приведем краткий алгоритм построения такой карты:

1. w^m – инициализируем случайными величинами U(0,1). Как уже отмечалось при повторном запуске алгоритма, мы практически всегда будем получать разные карты, при инвариантной интерпретации
2. Введем параметр времени t=1
3. Выбираем случайный элемент X из множества $\{X^{исх.дан}\}$ Находим нейрон w^{m*} наиболее близкий к вектору X. Близость нейронов определяется весами.
4. Корректируем веса, но не только того нейрона, который наиболее близок, а всех нейронов сети.

$$w_m^n = w_m^n + \delta(t)$$

$$h(t,\rho(m_n(\text{пробегает по всем}), m^*(\text{нейрон победитель}))$$

$$[X_n - w_m^n],$$

где $n=1,N$, $m=1,M$

$\delta(t)= \delta_0 exp(-at)$;

$h(t,p)=exp(-\rho^2/2\sigma(t))$;

$\sigma(t)= \sigma_0 exp(-bt)$;

5. t=t+1
6. Переход к шагу 3.

Условием выхода из алгоритма является затухание обучения. Подчеркнем, что первоначально нейроны не связаны между собой. Для тренировки подобной сети потребовалось около 10^3 итераций.

Таким образом, результаты применения алгоритма кластеризации, легко представить в простой и наглядной форме. Для этого достаточно окрасить узлы карты в цвета, соответствующие интересующим объектам. В соответствии со средним значением этого атрибута данные попадают в определенную ячейку. В результате этого каждый атрибут данных генерирует свою собственную раскраску ячеек карты. Собрав воедино карты всех интересующих признаков, можно сформировать топографический атлас, который дает целостное представление о структуре многомерных данных (рис. 3) [3].

Поэтому самоорганизующиеся карты удобно использовать для решения задач анализа, а также моделирования, прогнозирования, поиска закономерностей в больших массивах данных, выявлении наборов независимых признаков и др.

Постановка задачи

Произвести оценку показателей уровня жизни населения и социальной сферы по городам Ростовской области на основе методов кластеризации данных

Задачи исследования:

- сбор и предварительная обработка данных, отражающих уровень жизни населения городов Ростовской области;
- кластеризация исходных данных с помощью Карт Кохонена;
- определение кластеров, к которым относятся наиболее большие и малые данные;
- анализ полученных результатов.

Проведение исследований

Исходные данные для исследований сведены в одну таблицу, сохраненную в csv-формате с разделителями в виде запятых. Фрагмент исходных данных приведен в таблице 1. Подготовленный таким образом файл данных возможно использовать для импорта в IDE Visual Studio. После импорта csv-файла, данные были проанализированы на пригодность для дальнейшего использования.

Для инициализации карты (установки начальных значений для узлов сети) использовались значения из собственных векторов, равномерно распределенные в диапазоне значений входных данных.

Обучение карты проводилось несколько раз с одинаковыми значениями параметров обучения, варьировались радиусы соседства для всех этапов обучения. Для каждого набора значений параметров обучения использовалось несколько вариантов случайной начальной инициализации.

Таблица 1

Данные об уровне жизни населения и социальной сфере

УРОВЕНЬ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ СФЕРА								
	Ростов-на-Дону		Батайск		Волгодонск		Новочеркасск	
Наименование показателя	2009г.	2010г.	2009г.	2010г.	2009г.	2010г.	2009г.	2010г.
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата[3)], руб.	19178	21054	15668	17389	19009	20226	14548	15478
Средний размер назначенных пенсий, руб.	6141,5	7597	5881,4	7264,1	5712,8	7027,2	5986,8	7371,1
Численность пенсров, тыс. чел.	274,5	277,3	28,3	28,6	44,1	45,4	51,1	50,9
Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного городского жителя (на конец года)[2)], м^2	22,3	22,3	19,7	18,4	21	21,3	20,8	22

УРОВЕНЬ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ СФЕРА								
	Ростов-на-Дону		Батайск		Волгодонск		Новочеркасск	
Наименование показателя	2009г.	2010г.	2009г.	2010г.	2009г.	2010г.	2009г.	2010г.
Число дошкольных образовательных учреждений	183	183	27	27	34	35	47	47
в них:								
детей, тыс. человек	30,9	32,3	3,7	3,9	7,4	7,4	5,8	6
мест, тыс.	20,6	27,5	2,8	2,7	6,7	6,7	5,5	5,2
Число общеобразовательных учреждений (без вечерних (сменных) общеобразовательных учреждений) (на начало учебного года)	142	140	14	14	25	22	28	28
Численность обучающихся общеобразовательных учреждений (без вечерних (сменных) общеобразовательных учреждений), тыс. человек	84,7	84,8	9,7	9,9	12,7	13	14,6	14,6
Численность врачей, человек:								
всего	8904	9220	410	386	638	651	608	582
на 10 000 чел. населения[2)]	85	84,5	39,4	34,3	37,7	38,2	34,4	34,4
Численность ср. мед. персонала, чел.:								
всего	12336	12756	806	804	1954	1975	1785	1773
на 10 000 чел.	117,7	116,9	77,4	71,5	115,6	115,8	101	104,7
Число больничных учреждений	37	39	2	1	5	5	11	11
Число больничных коек круглосуточных стационаров:								
всего	11,4	11,6	0,9	0,9	1,4	1,2	2	2

На карте, представленной на рис. 1, вес нейронов подстраивается под значение входных переменных и отображает их внутреннюю структуру. Для каждого входа рисуется своя карта, раскрашенная в соответствии со значениями веса нейронов.

Из полученного рисунка мы видим, что красным цветом выделены самые высокие показатели, полученные из данных о среднемесячной з/п и средний размер назначенных пенсий.

На второй позиции находятся данные приближенные по значению к первому уровню.

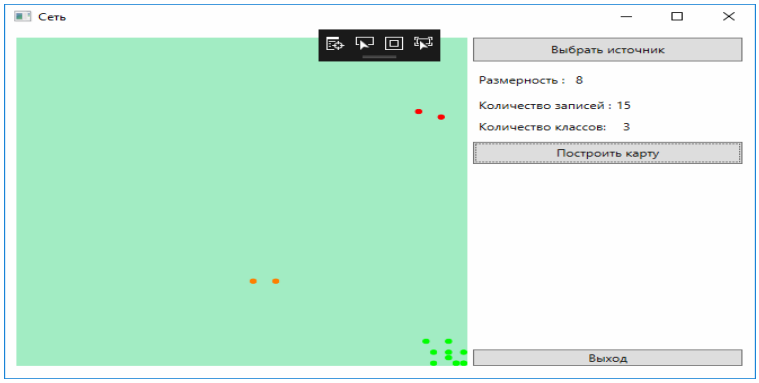


Рис. 1. Карта с данными о среднемесячной з/п и средний размер назначенных пенсий

На третьей позиции находятся все остальные данные с наименьшими показателями. Это можно заметить по расстоянию, на котором классы находятся друг от друга.

После перестроения карты мы видны изменения (рис. 2). Так как, карта решает задачи «без учителя», то в получении новой карты происходит новая информация о классах, тем самым происходит возможность коррекции существующих правил классификации объектов.

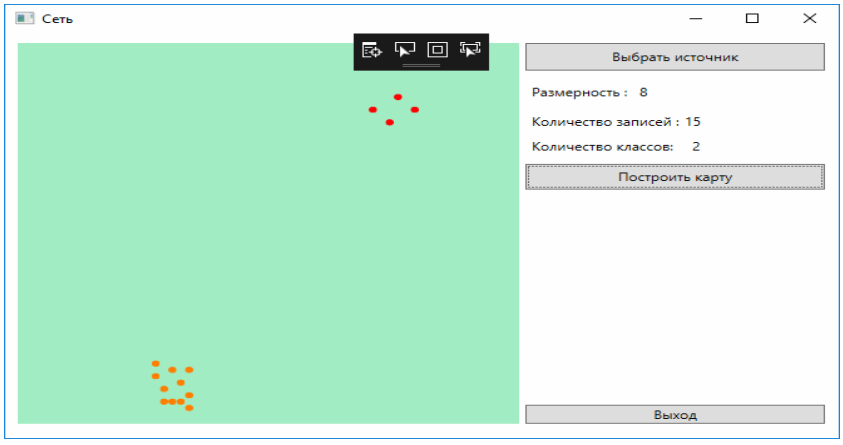


Рис. 2. Новая карта с новой информацией о классах

Далее построим карту по данным города Ростов-на-Дону за 2009 (рисунок 3) и 2010гг (рис. 4).

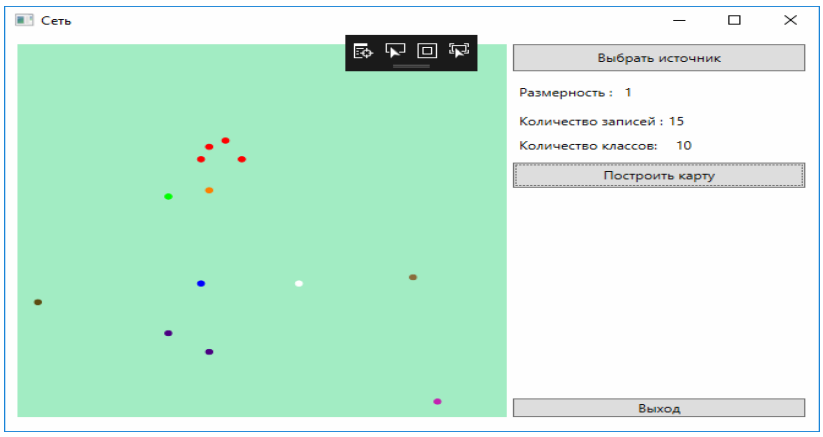


Рис. 3. Карта по данным города Ростов-на-Дону за 2009

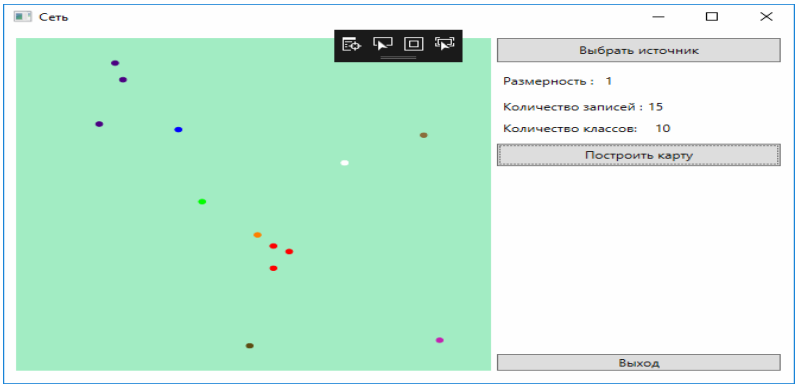


Рис. 4. Карта по данным города Ростов-на-Дону за 2010

В ходе анализа данных, которые наглядно представлены на рисунках 3 и 4, видно, что высоких показателей в 2010 году стало меньше, а низких больше. После анализа заметим уменьшение численности врачей на 10000 чел. населения и уменьшение числа образовательных учреждений. Полученная объективная информация может быть использована для выработки стратегии по улучшению жизни населения.

Заключение

Результаты проведенного анализа позволяют с уверенностью сделать вывод об эффективности применения разработанного программного обеспечения карт Кохонена в задаче кластеризации субъектов Ростовской области.

Для проверки полученных результатов был выполнен кластерный анализ с использованием алгоритма k-means, также реализуемого Visual Studio. Полное совпадение результатов кластеризации свидетельствует об их объективности.

Разработанный подход может быть использован для выработки стратегии и принятия управленческих решений по развитию городов Ростовской области на более современных наборах исходных данных.

Опираясь на результаты проделанной работы, а также используя непосредственно саму "обученную" карту Кохонена с набором началь-

ных данных, мы можем получить информацию и об иных группах социально-экономических параметров. Метод позволяет работать с огромным количеством переменных, визуализированных при помощи двумерных графиков, что является его неоспоримым достоинством.

Список литературы

1. Мамаев И.И., Сахнюк П.А., Сахнюк Т.И Применение карт Кохонена для анализа основных социально-экономических показателей административных районов Ставропольского края. – Научный журнал КубГ АУ [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-kart-kohonena-dlya-analiza-osnovnyh-sotsialno-ekonomicheskih-pokazateley-administrativnyh-rayonov-stavropolskogo-kraya. Дата обращения: 10.04.2019.
2. Петрова В.И., Зайцева К.В. Исследование динамики инновационной деятельности регионов России с применением нейросетевого моделирования. – Экономический анализ: теория и практика, 2017, т.16, вып.5, стр. 887-901.
3. Стариков А. Самоорганизующиеся карты Кохонена — математический аппарат – Технологии анализа данных [Электронный ресурс]. URL: https://basegroup.ru/community/articles/som. Дата обращения: 10.04.2019.
4. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. – Лаборатория знаний. 2008.
5. Курбесов А.В. Перспективные вычислительные технологии: учебное пособие.-Ростов-на-Дону, издательско-полиграфический комлекс Рост.гос.экон, ун-та (РИНХ), 2018.
6. Мирошниченко И.И. Анализ и моделирование бизнес-процессов: учебное пособие.-Ростов-на-Дону, издательско-полиграфический комлекс Рост.гос.экон, ун-та (РИНХ), 2018.

УДК 004.891

Шаронина Людмила Валерьевна[1],
доцент, канд. экон. наук, доцент,
Чудинов Павел Юрьевич[2],
студент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ DATA MINING В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ КРЕДИТОВАНИИ

[1]Россия, г. Таганрог, Южный федеральный университет, Институт управления в экономических, экологических и социальных системах, sharoninal@mail.ru

[2]Россия, г. Таганрог, Южный федеральный университет, Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, chudinov1997@gmail.com

Аннотация. С ростом кредитования в банковской сфере появилась проблема анализа большого объема данных с целью оценивания кредитного риска. Обычно,

эта оценка происходит с помощью автоматизированного скоринга и андеррайтинга. Однако для этого анализа необходим тщательный отбор данных и выделение параметров, непосредственно влияющих на оценку кредитоспособности.

Целью исследования является демонстрация одного из вариантов использования технологий Data Mining, а именно интеллектуального анализа исторических данных с помощью процедуры кластеризации. В статье приведён пример анализа данных, предназначенного для определения связи между возрастом кредитного заявителя и характером его выплат по кредиту. Банк может использовать полученные результаты для корректировки политики кредитования или для разработки собственной информационной системы, помогающей в принятии решения по новым заявкам.

Ключевые слова: сложные информационные системы, методы Data Mining, системный подход, интеллектуальный анализ, потребительское кредитование, Deductor Studio, кластеризация, кредитный риск, прогнозирование.

Lyudmila V. Sharonina[1],
Associate Professor, Candidate of Economic Sciences,
Pavel YU. Chudinov[2],
Student

USING DATA MINING TECHNOLOGIES IN INTELLECTUAL DATA ANALYSIS IN CONSUMER CREDITING

[1]Russia, Taganrog, Southern Federal University, Institute of Management in Economic, Ecological and Social Systems, sharoninal@mail.ru
[2]Russia, Taganrog, Southern Federal University, Institute of Computer Technologies and Information Security, chudinov1997@gmail.com

Abstract. With the growth of lending in the banking sector, a problem has arisen of analyzing a large amount of data in order to assess credit risk. Usually, this assessment is done using automated scoring and underwriting. However, this analysis requires careful selection of data and the selection of parameters that directly affect the credit rating.

The purpose of the study is to demonstrate one of the options for using Data Mining technologies, namely, the intellectual analysis of historical data using a clustering procedure. The article provides an example of data analysis, designed to determine the relationship between the age of the loan applicant and the nature of his loan payments. The bank can use the results to adjust lending policies or to develop its own information system to assist in deciding on new applications.

Keywords: complex information systems, Data Mining methods, systems approach, intellectual analysis, consumer lending clustering, Deductor Studio, risk management, credit risk, forecasting.

В последние несколько десятилетий произошла революция в области вычислительной техники и связи, и всё указывает на то, что технический прогресс и использование информационных систем будут про-

должать развиваться быстрыми темпами. Сопровождение и поддержка резкого увеличения мощности и использования новых информационных технологий привело к снижению стоимости коммуникаций в результате как технологических улучшений, так и усиления конкуренции.

За последние тридцать лет информационные технологии произвели революцию в потребительском кредитовании. Автоматизированный кредитный скоринг и андеррайтинг заменили традиционные процедуры собеседования для проверки заёмщиков, а алгоритм формирования условий по кредитам становятся всё более сложными [1]. Эта трансформация повлияла практически на каждый рынок потребительских кредитов, от ипотеки до автокредитования и кредитных карт. В то время как практически всеобщее принятие этих методов указывает на их ценность для кредиторов, существует относительно мало конкретных данных о том, как именно реализуются выгоды, о размерах эффектов и их организационном воздействии.

Заявители на получение ссуды существенно различаются по своему предполагаемому риску дефолта, а их характеристики и кредитные истории предоставляют перспективную информацию об этом риске. На помощь в решении проблемы анализа такого огромного объёма данных приходят методы Data Mining или, иначе говоря, методы интеллектуального анализа данных. Интеллектуальный анализ данных – это процесс сортировки больших наборов данных для выявления закономерностей и установления взаимосвязей для решения проблем посредством анализа данных. Проще говоря, интеллектуальный анализ данных – это процесс, используемый для извлечения полезных данных из большего набора исходных необработанных данных.

Риск, связанный с принятием решения об утверждении кредита, огромен. Таким образом, целью Data Mining является сбор данных о ссуде из нескольких источников данных и использование алгоритмов интеллектуального анализа на этих данных, чтобы извлечь важную информацию и предсказать, сможет ли клиент погасить свой заём или нет. Другими словами, предсказать, будет ли клиент неплательщиком или нет.

Основная цель заключается в извлечении шаблонов из общего набора данных, утвержденных ссуд, а затем построении модели на основе этих извлеченных шаблонов для прогнозирования вероятных неплательщиков ссуд с использованием классификационных алгоритмов интеллектуального анализа данных. Для анализа будут использоваться исторические данные клиентов, такие как их возраст, доход, сумма кредита, продолжительность работы и т.д. На рис. 1 представлена типовая структура анализа данных.

Рис.1. Рабочий процесс анализа данных

Исследуемая среда

Приведём пример анализа нахождения наиболее релевантных атрибутов, то есть факторов, которые больше всего влияют на результат прогнозирования.

Рассмотрим предметную область кредитования физических лиц.

В этой предметной области имеется следующая проблема: банк после выдачи кредита начисляет проценты помесячно. Возврат заёмщиком кредита раньше срока выгоднее, так как процентов он платит меньше. Но для банка это означает недополучение запланированных денежных средств. Поэтому банку необходимы результаты анализа данных для оперативного управления процессом кредитования в соответствии со своими целями.

Процесс кредитования сопровождается соответствующими данными. Анализ этих данных позволит банку принять обоснованное решение в плане работы с заёмщиком (вид и условие кредита). В процессе анализа данных происходит совокупность действий с целью формирования определенных представлений о характере явления, описываемого этими данными [2].

В качестве анализируемых данных воспользуемся реальной статистикой кредитования с ресурса, предназначенного для распространения

данных для обучения интеллектуальных систем The UCI Machine Learning Repository.

Пример интеллектуального анализа данных

Перед началом анализа необходимо исследовать область кредитования для выявления важных системообразующих данных, руководствуясь при этом методологией системного анализа [3]. Для анализа потребуется информация о возрасте заёмщика и о том, когда была произведена выплата за кредит. Банк не заинтересован в том, чтобы заёмщик возвращал кредит раньше положенного срока. Поэтому в работе будут проанализированы данные, связанные со сроками возврата кредита за полгода. Эти данные, фактически, заключают в себе знания о предметной области кредитования [4]. В результате мы должны получить зависимости кредитного поведения клиентов в зависимости от возраста. Это позволит банку оперативно изменять условия кредитования.

Импортированные в Deductor Studio исходные данные представлены на рис. 2.

Статистика

1 / 84

ID	Возраст	Статус_сентябрь	Статус_август	Статус_июль	Статус_июнь	Статус_май	Статус_апрель
2	26	-1	2	0	0	0	2
3	34	-1	0	0	0	-1	0
4	37	-1	0	0	0	0	-1
5	57	-1	0	-1	0	0	0
6	37	-1	0	0	0	-1	-1
7	29	0	0	0	0	0	0
8	23	1	-1	-1	0	0	-1
9	28	0	0	2	0	0	0
11	34	-1	0	2	0	0	-1
12	51	-1	-1	-1	-1	-1	2
13	41	-1	0	-1	-1	-1	-1
14	30	1	2	2	0	0	2
15	29	0	0	0	0	0	0
16	23	1	2	0	0	0	0
17	24	1	0	2	2	2	2
18	49	0	0	0	-1	-1	-1
21	39	0	0	0	0	0	-1
22	39	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рис. 2. Исходные данные

Далее, выполним кластеризацию алгоритмом *g-means*. Укажем для столбца «Возраст» назначение «Информационное», а для статусов платежей «Входное».

В полученной таблице кластеров (рис. 3) особо выделяются кластеры 0 и 8. Из таблицы заёмщиков (рис. 4) видно, что заёмщики, отнесённые к кластеру 0, почти всегда задерживали выплаты, а отнесённые к кластеру 8, наоборот, почти всегда погашали кредит досрочно.

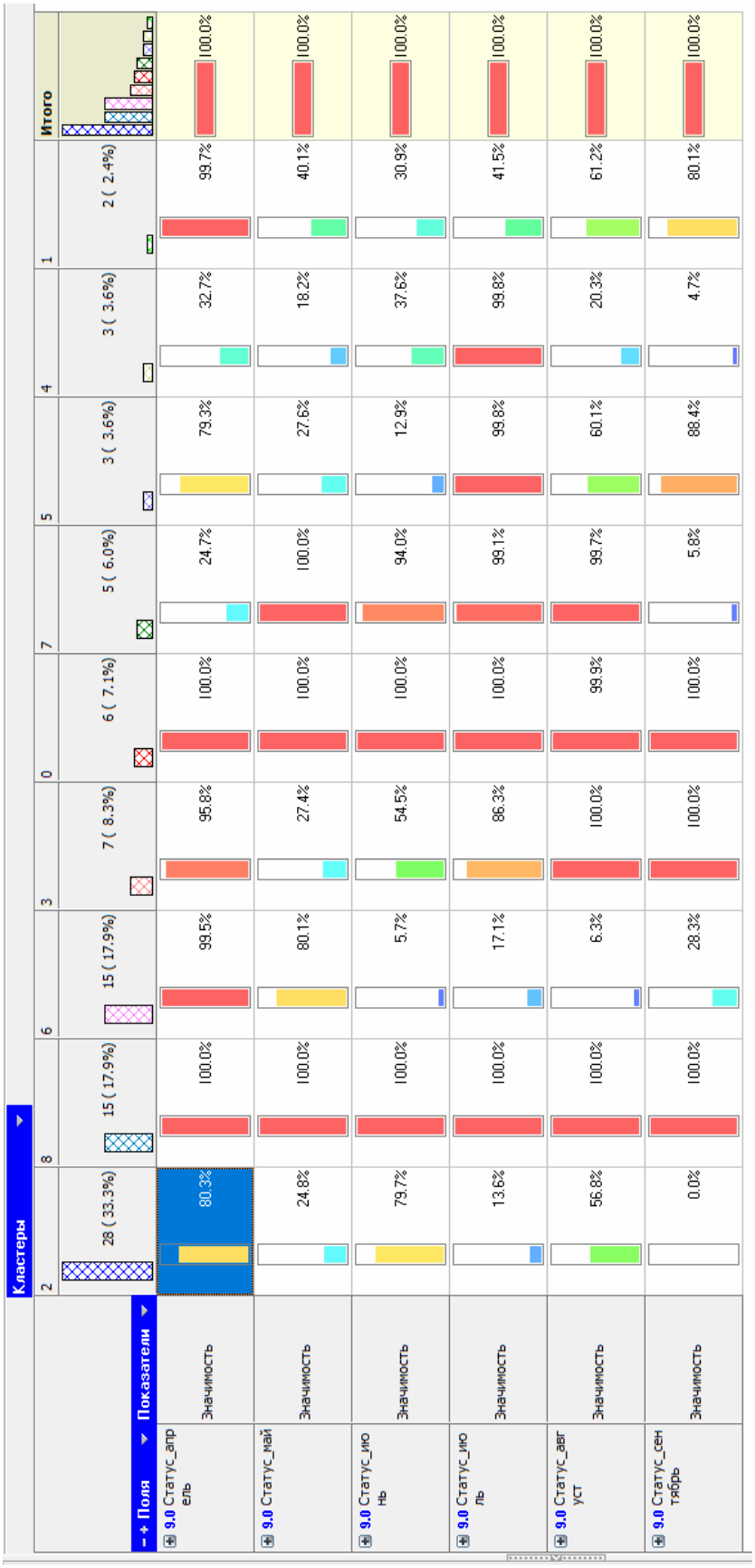
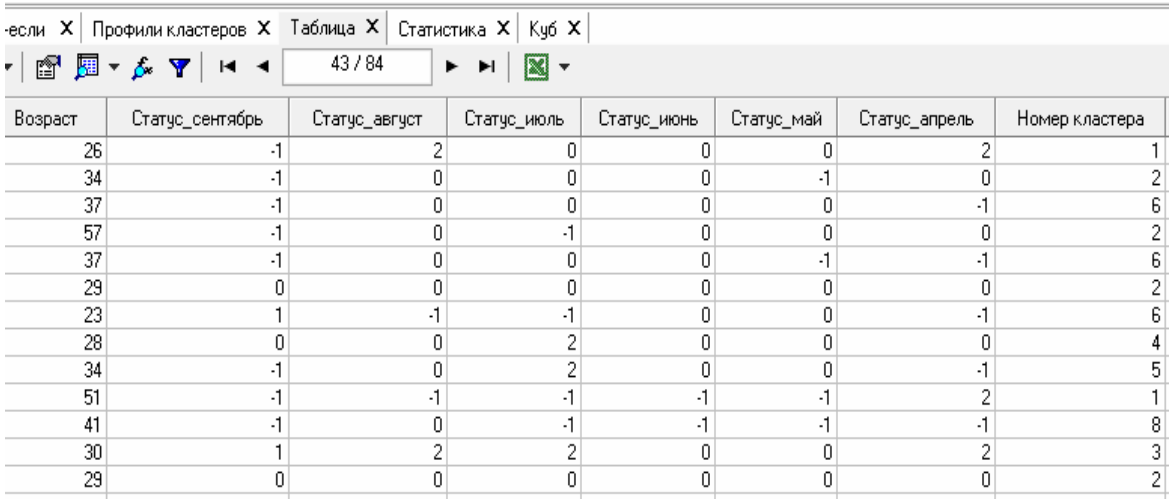


Рис. 3. Таблица кластеров



-если | Профили кластеров | Таблица | Статистика | Куб

43 / 84

Возраст	Статус_сентябрь	Статус_август	Статус_июль	Статус_июнь	Статус_май	Статус_апрель	Номер кластера
26	-1	2	0	0	0	2	1
34	-1	0	0	0	-1	0	2
37	-1	0	0	0	0	-1	6
57	-1	0	-1	0	0	0	2
37	-1	0	0	0	-1	-1	6
29	0	0	0	0	0	0	2
23	1	-1	-1	0	0	-1	6
28	0	0	2	0	0	0	4
34	-1	0	2	0	0	-1	5
51	-1	-1	-1	-1	-1	2	1
41	-1	0	-1	-1	-1	-1	8
30	1	2	2	0	0	2	3
29	0	0	0	0	0	0	2

Рис. 4. Таблица заёмщиков с номерами кластеров

Такое отображение данных позволяет аналитику обнаружить значимые параметры, которые оставались незамеченными. Например, если посмотреть на кластер 5, то можно отметить значимость статуса в июле. Также обнаружим, что несмотря на то, что заёмщики, отнесённые в этот кластер, в основном совершали выплаты досрочно, в июле у них произошла задержка выплат. Поэтому этот параметр может потребовать дополнительного анализа.

Проведя анализ данных, можно сделать вывод, что больше всего заёмщиков, возвращающих кредитные средства досрочно, находятся в возрастной категории от 30 до 36 лет. Из этого можно следует управленческое решение: для этой возрастной категории банку следует изменить условия кредитования. Например, сразу начислить на сумму кредита полный размер процентов по этому кредиту, что позволит банку не потерять денежные средства с такого заёмщика.

Заключение

В результате проведённого исследования изучена предметная область потребительского кредитования. В результате обнаружена проблема в оценивании большого количества кредитных данных, для решения которой предложено использование интеллектуального анализа исторических данных, чтобы изучить поведение кредитных заявителей и построить модель их поведения. Полученные знания помогут кредитному отделу банка усовершенствовать алгоритм оценки кредитного риска для новых заёмщиков.

Работа с большим количеством данных, даже с использованием методов интеллектуального и системного анализа, является сложным процессом. Тем не менее, правильное использование этих средств позволяет сделать задачу проще. Одно из ярких преимуществ Data Mining является способность его использования сотрудниками без особых ма-

тематических знаний, благодаря богатому разнообразию средств визуализации. Также Data Mining позволяет:

- анализировать большой объём данных за меньшее время;
- получить информацию, основанной на знаниях;
- проводить интеллектуальный анализ данных, который позволяет вносить изменения в политику поведения банка для повышения выгоды;
- получить помощь в процессе принятия решения;
- автоматически прогнозировать поведение заёмщика и тенденции.

Список литературы

1. Томилина А.В. Особенности развития банковских технологий в российской экономике / А.В. Томилина, Р.Ю. Моисеева // Материалы XII Межд. научно-прак. конф. «Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития». – С. 247–251.

2. Введение в анализ // Компания BaseGroup™Labs. URL: www.basegroup.ru

3. Парфенова С.С., Норкин О.Р., Хованских С.А. Практика применения системного подхода в оценке сложных систем // LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co, Saarbrücken, Germany, 2015. P.84.

4. Норкин О.Р., Парфенова С.С., Кузьмина М.А. Знания предметной области и интеллектуальная поддержка получения распределенного ПО // Материалы VII Межд. научно-прак. конф. «Технологии разработки информационных систем. ТРИС 2016». – Таганрог, Изд-во ЮФУ. 2016. Т.2. С. 17–22.

УДК 62-405

Wu Di,
Master degree student

INTELLIGENT FACE RECOGNITION BASED ON CUSTOMERS FLOW ANALYSIS IN E-COMMERCE PHYSICAL STORE

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
wdshocking@gmail

Abstract. With the rapid development of social economy, the competition in e-commerce industry has become more and more fierce. This has put forward new requirements for e-commerce enterprises. In order to meet the growing customer demand and service,this paper proposes a face recognition algorithm for e-commerce store. The intelligent technology is being used in face recognition and the data is stored in the cloud serve. Rotation in the collected images from customers into the same angel and match it with dateset in the cload after feature extraction make it more easier to detect the person. A linear analysis algorithm is proposed to realize the fitting of face recognition data and sales forecast data to make an empirical analysis of the data under the influence of the e-commerce enterprise store flow.

Keywords: Face recognition; customer flow analysis; algorithm; e-commerce.

1. Introduction

With the rapid development of e-commerce and consumer demand, e-commerce has become an indispensable part of the lives and continues to grow at a good and fast pace.E-commerce competition is also becoming more and more fierce which is an opportunity and a challenge for e-commerce companies.The application of intelligent face recognition technology plays an important role in assisting enterprises to optimize services,improving quality,obtaining higher profit and establishing a better corporate image.

Intelligent face recognition is based on biometric recognition technology [1]. The parameters such as the spacing and ratio of face feature points are identified by computer.Various feature information such as shape topological features and local gray features are integrated.At the same time,it is direct to analyse the customer flow in the store with face recognition in order to manage the server.Besides,simple and straight data provide strong assist for sale in the store.

Face recognition technology applies e-commerce,computer vision[2],storage technology and intelligent technology to analyse the customer identification and customer flow in e-commerce company.In this paper,we propose a kind of artificial face recognition algorithm with torsion robustness by simulating the vertical horizontal multi-angle image and obtain multiple local features[3].With the assist of face recognition data,the linear analysis calculation method is used to make intelligent analysis of the customer flow to set up the future strategy.

2. Intelligent face recognition

2.1. Face ID

The customer completes the member registration online and recognizes the personal photos uploaded by the customer.The steps are:image pre-entry, image pre-processing,feature extraction,image matching and member recognition.The whole process is automatically completed by the system. When the customer enters the physical store,the intelligent system identifies the customer,completes the image matching,and confirms the customer identity (member, membership level).[4]As shown in Figure 1.

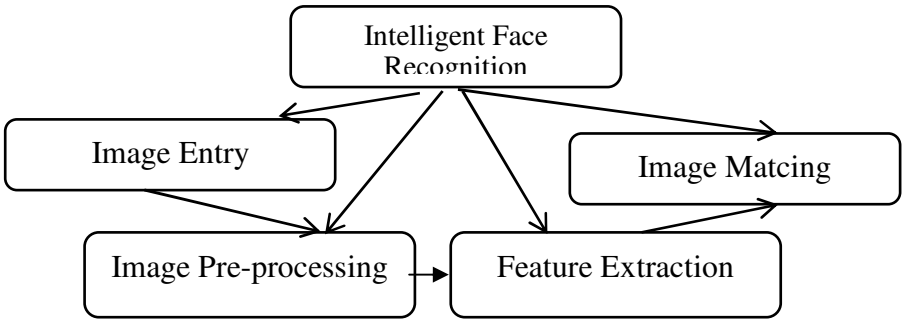


Figure 1

2.2. Face Recognition Algorithm

The algorithm is expressed as follows:

The face sample image A is known and the image B is searched after recognition.Now extract the features from image A and extract the sample image feature sets as follows:

$$Fa = \{fa1,fa2,fa3,fa4,fa5.....fm\};1<=i<=m$$
$$Fb = \{fb1,fb2,fb3,fb4,fb5.....fn\};1<=J<=n$$

The 128-dimensional histogram vector of the classical SIFT algorithm is used as a feature description.All in all,the face recognition problem is transformed into two feature set similarity matching problems.If any two key point features between fm and fn where the Euler distance d(fm , fn) are small enough.It can be determined that the key points of the two feature sets are corresponding points and are determined to be on the same image target (Such as a human face).Shown in figure 2.

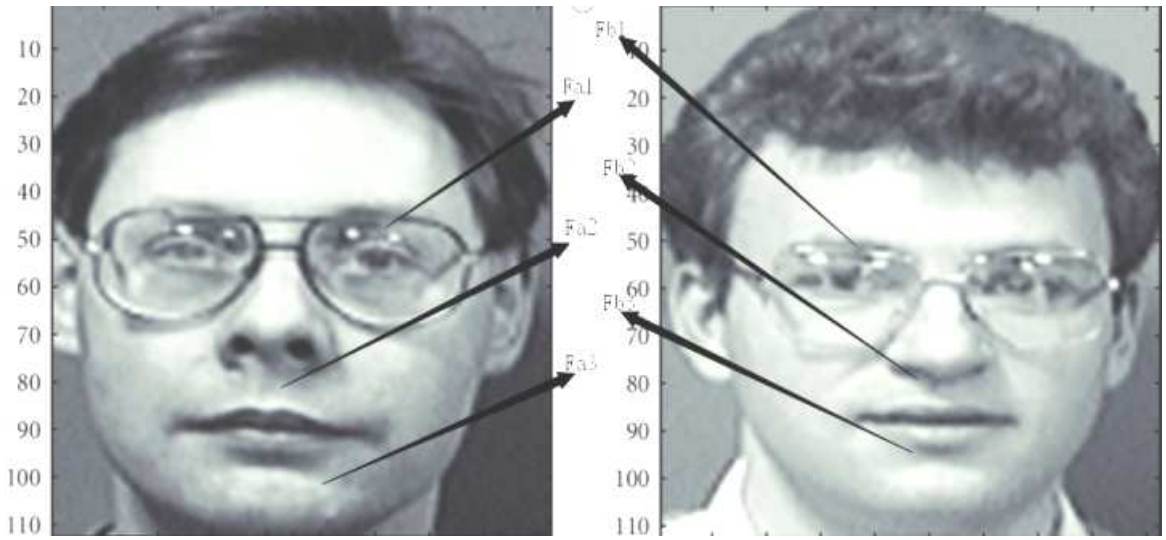


Figure 2

The current problem is that the image of the query image Fb is described as having undergone image warping and scaling.The extracted feature Fb does not have a condition that can be matched with the Fa due to the distortion of the picture.At this time,it is necessary to maintain the invariance and robustness to the torsion.A method is needed to twist or scale the Fb image to the same angle and then extract the features to match the Fa image.

2. Implement of Face Recognition

The basic idea of the algorithm in this paper is:Pre-creating the multi-angle twist of the sample image Fa to obtain a multi-angle copy of several

Fas.For the query image Fb,SIFT is used to perform algorithm matching on each sample copy image and finally the one which has the most matching number is matched as the matching result.[5]By enumerating samples for multi-angle matching,the SIFT algorithm's robust matching algorithm for local torsion (within 30°) is divided into two steps:

• Pre-creating multi-angle torsion or scaling samples,match pre-samples and actual arbitrary angles image to get different results Ej.

• After obtaining a plurality of duplicate images Elj,matching with the query image features.The one-to-one feature matching process is extended to a many-to-one matching idea.

(1) The sample image Fa is linearly twisted in the vertical direction at multiple angles.

The parameters to be considered here are:t is downsampled,n is 0-5,and θ corresponds to the slopes t=1, a, a2,..., an and a>1, and a=root2,set the step t is root 2.The value of θ is 0°———79.8° (close to the flat state) which is enough to simulate the situation of severe torsion in reality.θ is the vertical torsion angle of the selected image.The sampling angle is selected as shown by the black dot in Figure 3.

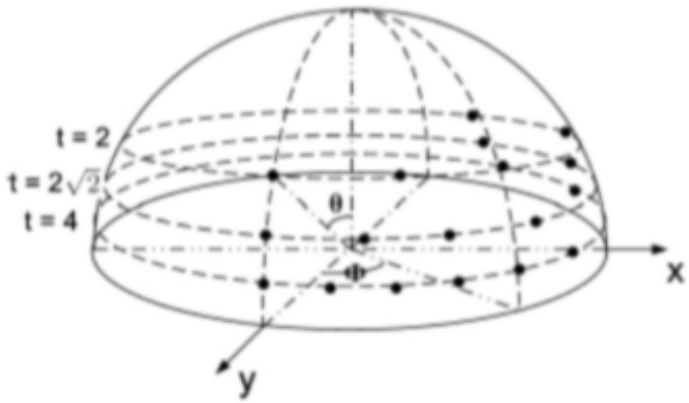


Figure 3

(2) The DOG key point is detected and the SIFT feature is extracted as a description vector.

(3) Calculate the one-to-one similarity between the SIFT feature fq of the query image fb and a certain sample image feature fa:

Sim（fq，fa）=matched feature points / average key points between two images

(4) Calculate the one-to-many similarity between the query image and all features Fa of a sample image:

$$Sim(fq,Fa) = maxsim(fq,fa)$$

The multi-angle SIFT principle key point feature matching method can effectively solve the problems of actual camera imaging and torsion in shooting.In practical applications,the accuracy rate is over 90% and the recognition efficiency can reach an average of 6 seconds. / times which reached the requirements of face intelligent recognition.

3. Intelligent customers flow analysis

3.1 Main idea of customers flow analysis

Face recognition completes the initial data storage.The number of shoppers inside the store is ΣJ,the number of shoppers outside the store is ΣC,ΣJ-ΣC is the number of customers in the store ($\Delta\sigma = \Sigma J - \Sigma C$).By analyzing the $\Delta\sigma$ function image,the peak value and the valley value can be obtained and the corresponding time Tmax and Tmincan be obtained. After face recognition,the customer flow can be classified in real time and the situation of a certain characteristic group in the store can be further analyzed to refine the customer flow.It is can be defined from invalid passengers to effective passengers flow transition.Customer flow analysis and trigger mechanism,accurate product recommendation are made to improve product purchase rate.By analyzing purchase history, it automatically identifies customer history to store records and recognize consumer information,enabe accurate service,facilitate interaction,and greatly increase physical store sales revenue.Shown in figure 4.

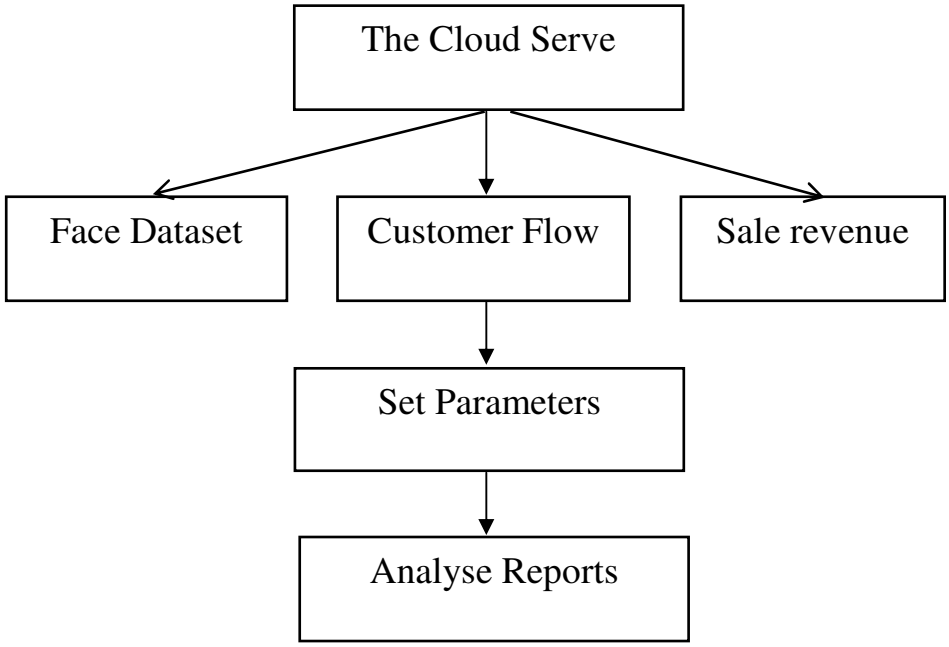


Figure 4

3.2. Practiical Analysis

The exponential smoothing method [6] uses the past time series actual value and the predicted value weighted average to make predictions.

$$S_t^{(1)} = \alpha X_{t-1} + (1-\alpha) S_{t-1}^{(1)}$$

The first step of determining the initial value of the exponential smoothing method: The initial value is the actual value of the first period;take the average value of the first period.Using an exponential smoothing method is to try to find the best α value so that the mean square error is the smallest.But this needs to be tested and compared.After the face recognition and data recording is completed every month,the exponential smoothing in the intelligent customer flow analysis framework is automatically triggered at the end of the month to analyze the data captured by the face recognition to predict the sales of the next month.The sales data of the physical store in the e-commerce enterprise through face recognition is shown in Table 1.Since the company is smooth type,the sales forecast value of the smoothing coefficient α= 0.1 can be calculated.

										0	1	2	
.S	2	4	3	5	4	8	6	8	9	7	8	0	
.S		0	9	0	0	1	0	5	1	2	2	3	4

The M stands for month,the R.S means real sale in the specifc month,the P.S stands for predicting sale in the next month based on last month's data.

Through the above trend table,the face recognition technology application can predict the sales behavior of the enterprise strongly and the physical store of the e-commerce enterprise can make online predictions by identifying the purchasing crowd.

4. Conclusion

This paper presents an e-commerce enterprise physical store face recognition and its customer flow analysis algorithm.The features of torsion robustness are acquired by SIFT algorithm to fulfill feature extraction and similarity comparison.The customer is categorized to provide dataset for analysing the customer flow and method of sale.It benefits the e-commerce companies to effectively make future strategy based on the customer behaviors.

Reference

1. Wang Sheguo,Liu Rui,Liu Xintao.Intelligent video surveillance system based on face recognition technology [J]. Science and Technology Information, 2007 (2): 5-7.
2. Zhang Mei,Wen Jinghua.Talking about computer vision and digital photogrammetry [J]. Geospatial Information, 2010 (2): 15-17.
3. Lin Chuanli,Zhao Yuming, Zhao Rongchun.Trademark retrieval algorithm based on Sift feature [J].Computer Engineering, 2008 (23): 275-277.
4. Huang Wei.Research and application of camera calibration algorithm in computer stereo vision [D]. Shenyang University of Technology, 2007.
5. Yin Haizhen.Analysis of commercial passenger flow [J]. Modernization of shopping malls, 2000 (3): 28-30.
6. Deng Wei,Tang Qiming.Price bubble test method based on exponential smooth transfer model[j],2013(4):124-136

УДК 004.896

Степашкина Елена Валерьевна[1],
начальник бюро,
Горбачев Иван Владимирович[2],
начальник учебного управления, канд. техн. наук, доцент

ОБОБЩЕННЫЙ АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

[1]Россия, Ульяновск, Акционерное общество «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»,
E-mail: e.stepashkina85@mail.ru
[2]Россия, Ульяновск, Ульяновский государственный технический университет,
E-mail: giv.uln@gmail.com

Аннотация. В данной статье приведен краткий анализ жизненного цикла изделий и применение CALS-технологий на каждой стадии ЖЦИ. Рассмотрены большинство CAD-систем для стадии проектирование с раскрытием большого количества форматов, как конечный результат стадии разработки.

Ключевые слова: Жизненный цикл изделия, стадия, CALS-технология, CAD-система, проектирование, формат файла.

Elena V. Stepashkina[1],
Head Office,
Ivan V. Gorbachev[2],
Head of Education Department, Candidate of Technical Sciences

GENERALIZED ANALYSIS OF THE LIFE CYCLE OF RADIOTECHNICAL PRODUCTS

[1]Russia, Ulyanovsk, The Ulyanovsk Instrument Engineering Design Bureau Joint Stock Company,
E-mail: e.stepashkina85@mail.ru
[2] Russia, Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University,
Email: giv.uln@gmail.com

Annotation. This article provides a brief analysis of the product life cycle and the use of CALS technologies at each stage of the LCP. Considered most of the CAD-systems for the design stage with the disclosure of a large number of formats, as the final result of the development stage.

Keywords: product life cycle, stage, CALS technology, CAD system, design, file format.

Перспективное развитие информационных технологий, особенно в свете необходимости построения цифровой экономики, потребует от предприятий перестройки их процессов проектирования и производства. Учитывая централизованность стратегических предприятий России (объединение их в крупные корпорации), можно предположить, что для России будет эффективным построение единых отраслевых баз знаний в виде, например, виртуальных (цифровых) центров инженерных компетенций, через которые будет возможных организовать взаимодействие между членами и партнерами корпораций.

Концептуально, такая платформа может быть построена на основе технологии функционально адаптированного представления проектных процедур описанной в [1,2], и может характеризоваться как так называемое «виртуальное предприятие», обеспечивающее взаимодействие производственных структур не внутри предприятия, а уровнем выше, обеспечивая кооперацию между различными участниками проектно-производственных работ. Основой представления проектных решений в таком случае является глубокое понимание жизненного цикла изделия и поддерживающего его информационных подсистем.

В настоящее время термин «жизненный цикл» имеет достаточное количество определений в различных предметных словарях, схожих друг с другом основными чертами. Под жизненным циклом изделия (ЖЦИ) понимается совокупность взаимосвязанных процессов изменения состояния продукции при ее создании, использовании (эксплуатации) и ликвидации (с избавлением от отходов путем их утилизации и/или уда-

ления) [3]. Под стадией ЖЦИ (СЖЦИ) понимается условно выделяемая часть ЖЦИ, характеризующаяся спецификой направленности работ, производимых на этой стадии, и конечными результатами [3].

Изменения состояния изделия на каждой СЖЦИ происходят в рамках соответствующих процессах: определения требования к изделию (техническое задание), разработка изделия (проектирование полного комплекта конструкторской и технологической документации – ПКТД и ПКТД), изготовление опытных образцов, контроль (проведение испытаний) [4], серийного производства изделий [5, 6], если это оговорено в договоре с заказчиком, их эксплуатация [7, 8] и утилизация [9]. Все эти процессы осуществляются разными субъектами реализации изделия: конструкторскими бюро, производственными предприятиями, эксплуатирующими организациями, взаимодействующими друг с другом в рамках одного предприятия или нескольких.

Рассмотрим упрощенную схему ЖЦИ с применением CALS-технологий (рис. 1).

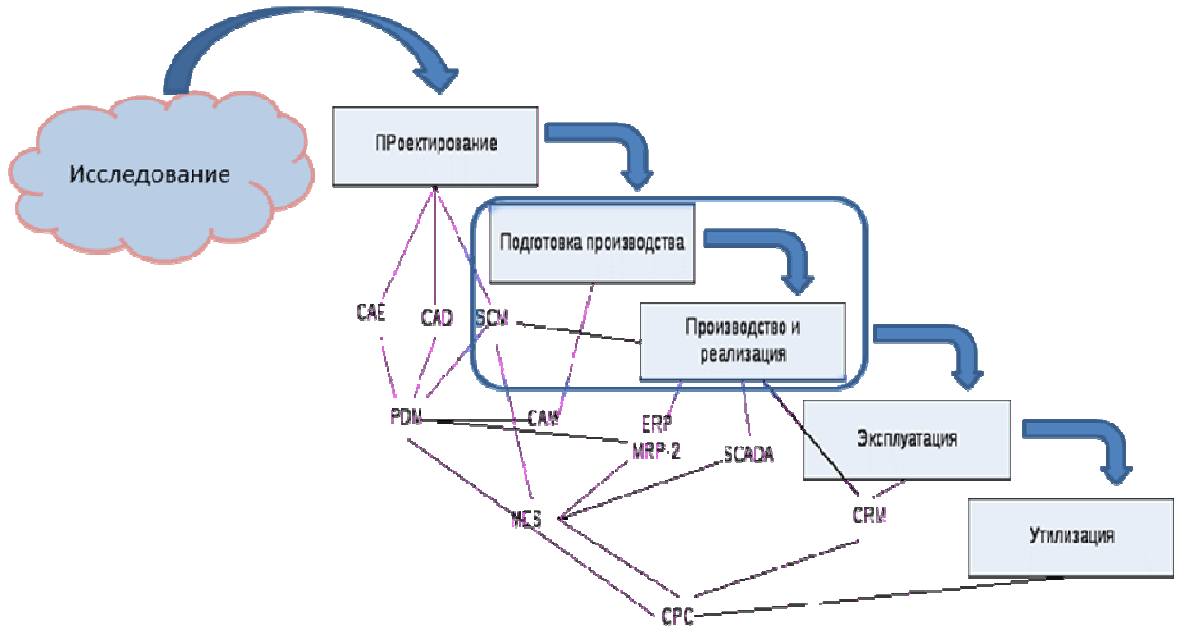


Рис. 1. Схема ЖЦИ с применением CALS-технологий

Конечный результат предыдущей СЖЦИ является входными данными для последующей, следовательно, важную роль в изготовлении играет минимизация наличия ошибок выходных данных после каждой СЖЦИ.

На начальном этапе ЖЦИ прорабатывается техническое задание на исследование, изучаются достижения в области науки и техники, рынков сбыта, технические возможности предприятия-разработчика и предприятия-изготовителя, требования заказчика, проведение испытаний и дру-

гих проектных работ. Техническое задание (ТЗ) – исходный технический документа для проведения работы, устанавливающий требования к создаваемому изделию (его составной части и комплектующим изделиям межотраслевого применения) и технической документации на него, а также требования к объему, срокам проведения работы и форме представления результатов [10]. Для проектирования конечного результата на начальной стадии ЖЦИ, как ТЗ, необходимо наличие договора с заказчиком изделия с описанием всех необходимых условий, требований и характеристик.

Без наличия современных информационных технологий не представляется возможным реализация таких СЖЦИ, как проектирование и изготовление (CAD/CAM/PDM-системы).

Результатом начального этапа ЖЦИ является часть модели ПКТД на изделие, выполненная в большинстве случаев посредством текстового редактора MS Word с расширением «.doc». Для любого текстового документа, входящего в ПКТД существуют общие требования по разработки по ГОСТ.

Взяв за основу полученные входные данные (ТЗ), следующая стадия ЖЦИ – разработка изделия (проектирование). Весь процесс разработки конструкторской документации подчинен требованиям ЕСКД – единая система конструкторской документации (ГОСТ 2).

В настоящий момент разработка конструкторской документации ведется только с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР) или CAD-систем. Наиболее известными и применяемыми на российских предприятиях являются: AutoCAD (форматы файлов базы данных чертежа «.dwg», обмена изображения «.dxf», шаблона чертежа«.dwt», резервная копия библиотеки компонентов «.ezc»), Solid-Edge (форматы файлов чертежа «.dft», 3D-модели «.prt», документа «.psm», «.asm», «.cmp», «.step», «.cmp_xml»), Компас-3D (форматы файлов «.cdw», «.frw», «.kdw», «.cpw», «.a3d», «.m3d», «.cdt», «frt» и т.д.) , Catia (формат файла экспорта «.exp», «.eaf» - формат сборок деталей, применяемых для обмена данными между различными CAD/CAE системами, также «.model», «.catpart», «catpartproduct»), Solid Works (форматы файлов рисунка «.slddrw», 3D-рисунок «.sldprt», 3D-ансамбля «.sldasm») и многие другие. Если брать во внимание, что для разработки определенного вида изделия, будь то наземная техника или «авионика», требуется разработка печатных плат, следовательно стоит отметить применение следующих CAD-систем: P-CAD (форматы файлов проекта ПП «.pcb», важной части графической программы графического дизайна «.plt», части компонента или конструкции производственной детали в 3D_ модели «.prt»,схемы САПР «.sch», разработчика «.sym», компонен-

тов библиотеки«.lia»), на смену которого пришел Altium Designer [11], Kicad (форматы файлов макета печатной платы «.brd», проекта «. pro», электронной схемы «.sch»), TopoR, PCB Elegance, VUTRAX, CADintPCB и др. Если разбивать весь процесс проектирования ПКТД, то следует отметить, что многие предприятия внедрили или начинают внедрять для проектирования электрических схем такой продукт, как E3.Series (формат файла выходного проекта «.e3s», формат файла шаблонов (параметров) проекта «.e3t»). Многие производственные предприятия, выработав свои коммерческие взаимоотношения друг с другом (СЖЦИ – эксплуатация изделия), обмениваются в ходе соблюдения требований договора «pdf-файлами», что значительно увеличивает степень защиты передаваемой информации.

Формат «Gerber» - файловый формат, представляющий собой способ описания проекта печатной платы для изготовления фотошаблонов на самом разном оборудовании. Первые фотоплоттеры представляли собой графопостроители с ЧПУ, следовательно, и формат «Gerber» представляет собой программу для управления графопостроителями [12].

Сама модель ПП в формате «Gerber» представляет собой набор определенных отдельных файлов, каждый файл соответствует только одному слою платы.

Каждый gerber-файл является текстовым файлом. При этом расширение «.txt» используется крайне редко. Как правило, расширение gerber-файла соответствует типу его слоя. Каждый разработчик программного обеспечения, оперирующего gerber-данными, закладывает свои правила определения расширений [12].

Модели других текстовых документов на СЖЦИ разработки изделия, особенно эксплуатационную документацию к выпускаемому изделию, получена с использованием программного продукта TG Builder.

После прохождения определенных стадий разработки содержательной части эксплуатационного документа (Руководства по эксплуатации РЭ, Руководство по ремонту оборудования – РО и пр.), происходит его публикация. TG Builder позволяет публиковать документацию в следующих форматах: PDF, интерактивный документ со встроенным браузером, набор XML файлов, соответствующих требованиям S1000D. Следует заметить, что из интерактивного документа всегда можно получить странично-ориентированный аналог, используя специализированный модуль печати [14].

Стадия изготовление изделия (производство) происходит путем прохождения опытного образца стадий контроля, которые включают в себя предварительные испытания и приемочные испытания [14], так

же подготовке производства и постановке продукции на производство, и состоит из следующих этапов:

- пуска и проверки технологического оборудования;
- запуска в производство промышленной партии изделий;
- проведения квалификационных испытаний серии изделий;
- доработки и корректировки технологической, конструкторской и другой документации.

Стадия эксплуатация изделия включает в себя реализацию готовой продукции или серии продукции с дальнейшими ее техническим обслуживанием и ремонтом. Результатом работ на стадии «Эксплуатация изделия» является обобщение опыта реализации требований к ресурсоснабжению для использования при создании нового аналогичного (подобного) вида продукции, а также мероприятия по прекращению использования (эксплуатации) продукции для передачи на утилизацию или проведение модернизации [3].

Целью применения CALS-технологий как инструмента организации и информационной поддержки всех участников создания, производства и пользования продуктом, является повышение эффективности их деятельности за счет ускорения процессов исследования и разработки продукции, придания изделию новых свойств, сокращения издержек в процессах производства и эксплуатации продукции, повышения уровня сервиса в процессах ее эксплуатации и технического обслуживания. Предметом CALS являются технологии информационной интеграции, то есть совместного использования и обмена информацией об изделии (продукте), среде и процессах, выполняемых в ходе жизненного цикла продукта [15].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ульяновской области в рамках научного проекта №18-47-730028.

Список литературы

1. Горбачев И.В., Похилько А.Ф. Представление процессов проектирования в функционально адаптируемой форме для хранения классов проектных решений // Программные продукты и системы. 2013. №1 (101). С. 77-82.

2. Горбачев И.В., Похилько А.Ф., Цыганков Д.Э. Архитектура инструментальной среды для обработки проектных процедур, представленных в функционально адаптируемой форме // Программные продукты и системы. 2014. № 106. С. 105-110.

3. ГОСТ Р 53791-2010 Стадии жизненного цикла изделия производственно-технического назначения. - Москва: Изд-во стандартов, 2011. – 85 с.

4. ГОСТ РВ 15.203-2001 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей. Основные положения. – взамен ГОСТ В 15.203-79, ГОСТ В 15.204-79 на территории Российской Федерации. - Москва: Изд-во стандартов, 2011. – 140 с.

5. ГОСТ Р 2.903-96 ЕСКД. Правила поставки документации. - Москва: Изд-во стандартов, 2011. – 150 с.

6. ГОСТ РВ 15.301-2003 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Постановка на производство изделий. Основные положения. - Москва: Изд-во стандартов, 2011. – 150 с.

7. ГОСТ В 15.704-83 Система разработки и постановки на производство военной техники. Авторский надзор в процессе эксплуатации изделий. Основные положения. - Москва: Изд-во стандартов, 1984. – 24 с.

8. ГОСТ В 15.709-89 Система разработки и постановки на производство военной техники. Технический надзор предприятиями промышленности в процессе эксплуатации изделий. Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 8 с.

9. ГОСТ РВ 15.004-2004 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Стадии жизненного цикла изделий и материалов. - Москва: Стандартинформ, 2008. – 10 с.

10. ГОСТ 15.016-2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлении. - Москва: Стандартинформ, 2008. – 10 с.

11. Степашкина Е.В., Горбачев И.В. Реинжиниринг бизнес-процессов авиаприборостроительного предприятия при внедрении PDM-системы. // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. статей. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 294-299.

12. Якубенко А. Формат Gerber. Общий обзор / Якубенко А. / [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://sapr-journal.ru/stati/format-gerber-obshhij-obzor/

13. Полиненко С. Обзор Tehnical Guide builder / Полиненко С. / [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://wiki.itorum.ru/2012/09/obzor-technical-guide-builder/

14. ГОСТ Р 15.301-201 Система разработки и постановки продукциина производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. - Москва: Стандартинформ, 2008. – 25 с.

15. Доросинский Л.Г., Зверева О.М. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия. –Ульяновск: Зебра, 2016. –243 с.

УДК 004.89

Ворсина Дарья Алексеевна[1],
студент,
Нестеров Сергей Александрович[2],
канд. техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

[1,2]Россия, г. Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[1]dasha.vorsina@mail.ru, [2]sergey_nesterov@mail.ru

Аннотация. В работе анализируется набор данных о поездках на такси с целью предсказания стоимости поездки и выделения самых прибыльных для перевозчика районов. Исследуется выборка из 49999 поездок на такси по Нью-Йорку, совер-

шенных в 2013 году. Для решения задачи были использованы алгоритмы деревьев регрессии и случайного леса.

Ключевые слова: Машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, предиктивная модель, язык программирования R, задача классификации, алгоритм деревьев регрессии, алгоритм случайного леса.

Darya A. Vorsina[1],
Student,
Sergey A. Nesterov [2],
PhD in Technical Sciences, associate professor

APPLICATION OF INTELLECTUAL ANALYSIS OF DATA FOR PREDICTING

[1,2]Russia, Saint Petersburg,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
[1]dasha.vorsina@mail.ru, [2]sergey_nesterov@mail.ru

Abstract. The paper investigates taxi fares and predicts the most profitable areas of New York for taxi trips. In this article, an analysis was made of a random selection of 4999 trains in a taxi across New York performed in 2013. To solve the problems, classification algorithms based on regression trees and random forest were used.

Keywords: Machine Learning, Data Mining, Predictive Modelling, R programming language, Classification, Regression Tree algorithm, Random Forests algorithm.

Задачи прогнозирования решаются во множестве сфер человеческой деятельности, таких как наука, образование, политика, экономика и др. В интеллектуальном анализе данных это одна из наиболее сложных задач, требующая тщательной подготовки обучающей выборки и выбора наиболее подходящих алгоритмов [1-3].

В данной работе решается задача предсказания стоимости поездок на такси. Для решения задачи был исследован набор данных о поездках на такси в Нью-Йорке за 2013 год, опубликованный Крисом Уонгом [4]. Предсказание стоимости поездок производится средствами языка программирования R [5], используются алгоритмы деревьев регрессии и случайного леса.

Исследуемый набор данных содержит следующую информацию:

- идентификатор «медальона»[1];
- время посадки пассажиров;

[1] *Медальон* – металлический значок, который выдается таксистам в Нью-Йорке вместе с лицензией и ставится на крышу машины [5]. Медальон на крыше желтого такси дает эксклюзивное право таксисту на подбор пассажиров с улицы.

- координата посадки: широта, долгота;
- длительность поездки (сек.);
- стоимость поездки (в долларах);
- чаевые (в долларах).

После анализа первичных данных и их очистки оказалось, что самое большое количество данных о поездках по Манхэттену. Поэтому далее рассматриваются поездки, начатые в этом районе. На рис. 1 представлена схематичная карта Манхэттена, цветом отображено количество поездок за 2013 год с посадкой пассажиров в соответствующей области.

На карте видно, что наибольшее число поездок начинается в центре, где сосредоточен бизнес и туристические достопримечательности.

Сначала для предсказания стоимости поездок использовались деревья регрессии, в качестве входных данных использовались координаты начала поездки. Но построенное алгоритмом дерево включало только одно разбиение. На основании данного дерева можно сделать вывод только о том, что поездки, начинающиеся на широте 40,7237 дороже.

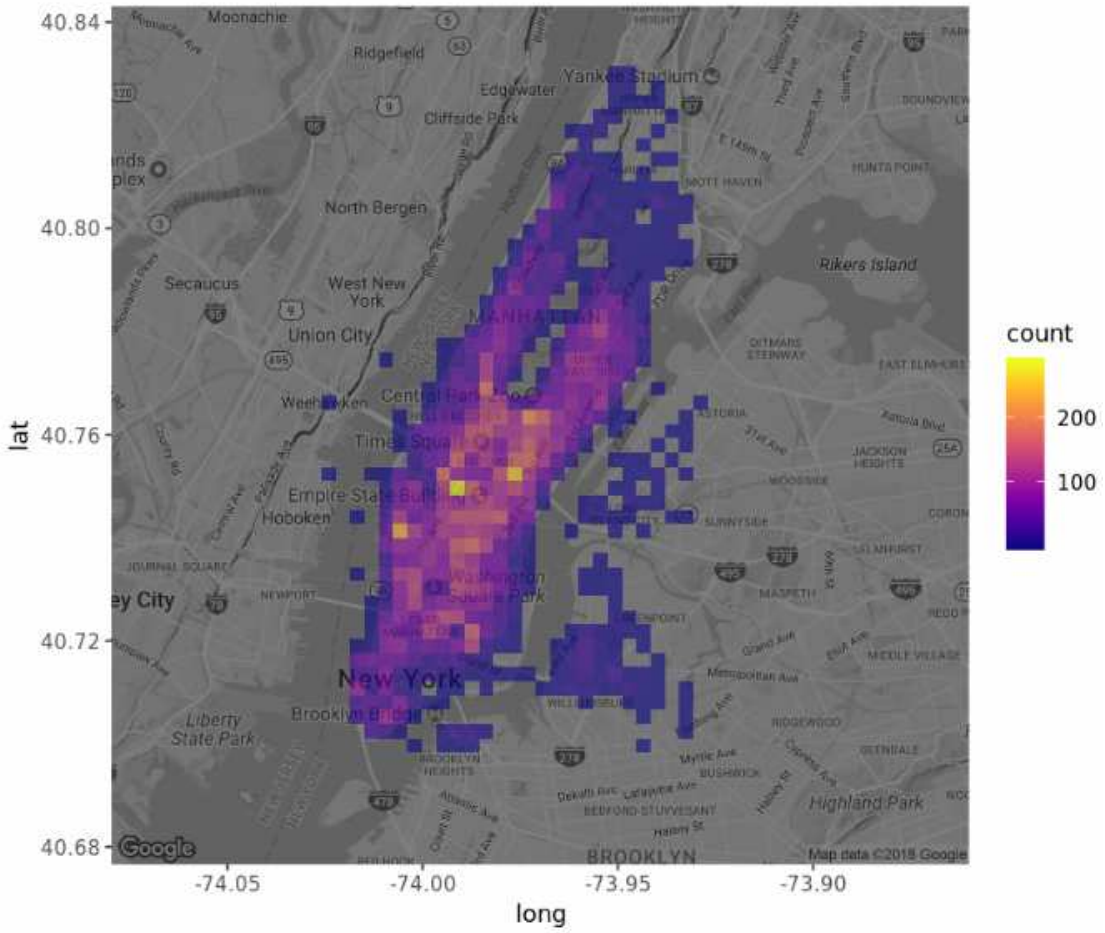


Рис. 1. Карта Манхэттена, отображающая точки начала поездок

После добавления трех переменных, содержащих час, день и месяц, и обучения новой модели, оказалось, что дерево регрессии не изменилось. Вероятно, это связано с тем, что широта является наиболее многообещающей первой переменной для разделения данных, а после этого разделения другие переменные недостаточно информативны для включения в модель. Поэтому было принято решение в дальнейшем использовать алгоритм случайного леса (random forest).

Алгоритм случайного леса случайным образом выбирает из всего набора данных подмножества элементов и атрибутов (широта, долгота, час, день, месяц) и строит по ним дерево принятия решений. Создается множество таких деревьев и используется усредненный результат их предсказаний. На графике на рис. 2 по оси x отображено количество деревьев, а по оси y − точность при решении нашей задачи.

На рисунке 3а) на карте представлены значения прогноза стоимости поездки, а рисунок 3б) показывает фактическую стоимость, полученную из исходных данных. Можно сказать, что модель правильно отобразила некоторые закономерности, имеющиеся в данных. В частности, что максимальная стоимость поездки будет на юге Манхэттена.

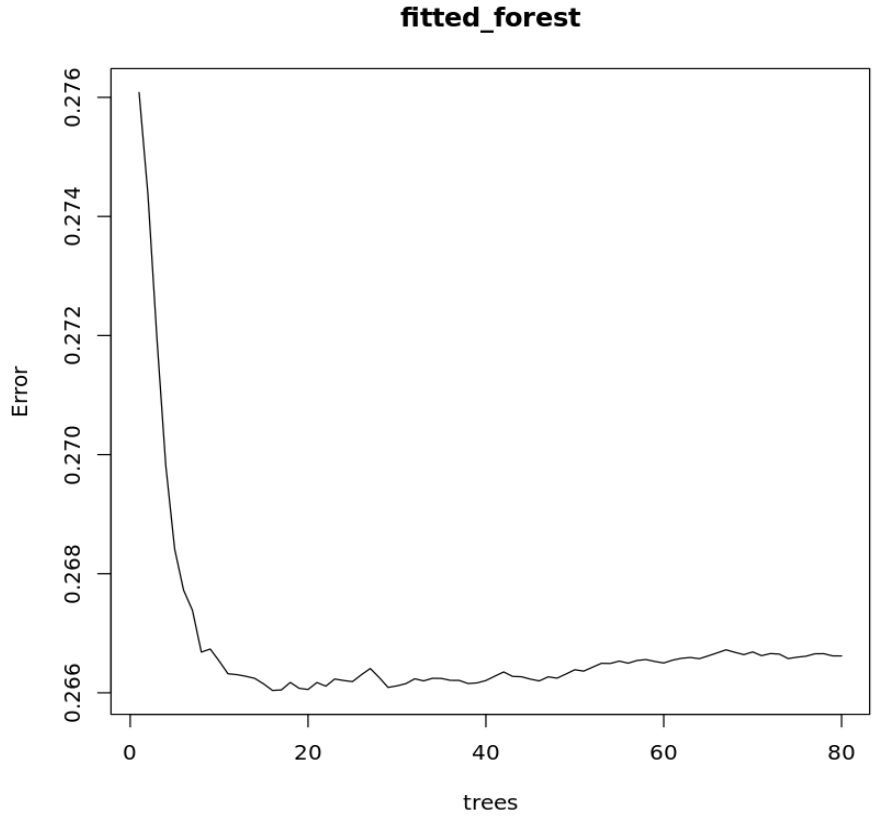
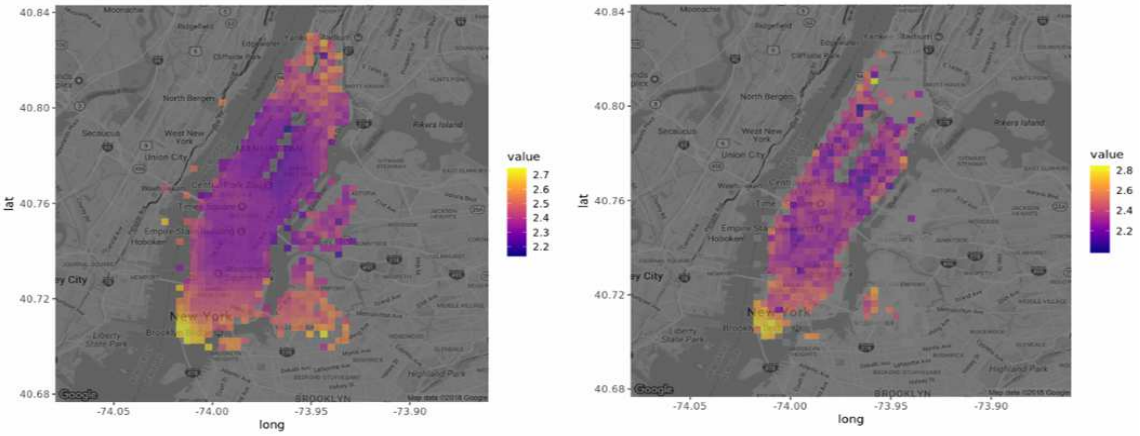


Рис. 2. Полученная зависимость точности от количества деревьев случайного леса



а б

Рис. 3. Сравнение прогнозной (а) и фактической (б) стоимости поездки

Подводя итог, можно отметить, что подобная модель может быть интересна не только таксистам, которые заинтересованы в информации о том, в каком районе более выгодные заказы, но и для пассажиров, а также для планирования городского транспорта. Задача была решена для Нью-Йорка из-за наличия открытых данных о поездках в этом городе. Потенциально задачу можно решить для любого города.

Список литературы

1. Барсегян. А.А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПБ.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

2. Грас Дж. Data Science. Наука о данных с нуля: Пер. с англ./Дж. Грас — СПб.: БХВ-Петербург, 2017. — 336 с.

3. Чубукова И. Data Mining. Национальный открытый институт «Интуит» [Электронный ресурс] // URL: https://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/168?page (дата обращения: 02.04.2019).

4. FOILing NYC’s Taxi Trip Data [Электронный ресурс] // URL: https://chriswhong.com/open-data/foil_nyc_taxi/ (дата обращения: 12.03.2019).

5. Электронная документация по языку программирования R [Электронный ресурс] // URL: https://www.rdocumentation.org/ (дата обращения: 15.03.2019).

6. Веб-сайт Quora [Электронный ресурс] // URL: https://www.quora.com/What-makes-a-taxi-medallion-so-valuable (дата обращения: 13.03.2019).

УДК 004.85, 004.89

Нестеров Сергей Александрович,
канд. техн. наук, доцент, доцент,
Никольская Анастасия Николаевна,
студент

АНАЛИЗ И ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ БАНКОМАТОВ НА ОСНОВЕ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ

г. Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
nesterov@saiu.ftk.spbstu.ru

Аннотация. Рассматривается набор данных о расположении и загруженности банкоматов. Решается задача регрессии для предсказания загруженности банкоматов в зависимости от расположения и прочих признаков. Описываются первичный анализ и обработка набора данных, строятся модели с использованием различных реализаций градиентного бустинга.

Ключевые слова: градиентный бустинг, машинное обучение, загруженность банкоматов, расположение банкоматов, LightGBM, XGBoost, CatBoost.

Sergei A. Nesterov,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Anastasiya N. Nikolskaya,
Student

ANALYSIS AND PREDICTION OF ATM LOAD BASED ON THE LOCATION

St-Petersburg, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University,
nesterov@saiu.ftk.spbstu.ru

Abstract. The paper focuses on optimal location-allocation of Automatic Teller Machines. There are used different realizations of gradient boosting to predict popularity of ATMs. Also some results of analysis of ATM popularity using data mining and machine learning are given.

Keywords: location-allocation, machine learning, gradient boosting, ATM popularity, LightGBM, XGBoost, CatBoost.

Банкоматы или ATM (от англ. Automated teller machine) позволяют делать различные операции со счетом и пластиковыми картами клиента банка. Это может быть снятие наличных, пополнение карты, действия со счётом без использования наличных средств. В настоящее время банки уделяют все больше внимания задаче оптимального расположения банкоматов [4]. Так, в декабре 2018 – январе 2019 г. Росбанк проводил со-

ревнование в области машинного обучения по предсказанию популярности своих и партнёрских банкоматов [6]. В работе описывается часть результатов, полученных во время участия в соревновании.

Задача прогнозирования уровня загруженности устройств самообслуживания в данном случае сводится к задаче регрессии, так как целевой признак измеряется в числовых единицах и является функцией от количества операций с устройством [1]. Для её решения были использованы три различные реализации градиентного бустинга. Данный алгоритм отличается высокой точностью прогнозов, при этом он является практически универсальным методом для решения стандартных задач [2].

Подготовка и первичный анализ данных

Исследуемый набор данных содержит информацию о 6000 банкоматах Росбанка и его партнёров. Данные представлены в виде таблицы со строками следующего вида (табл. 1).

Таблица 1.

Строка исходного набора данных

Id	atm_group	address	address_rus	lat	long	target	isTrain
8526.0	32.0	VL.4 NOSOVIKHINSKOE HW. MKR.SALTYKOV	шоссе Носовихинское, 4, Балашиха, Московская обл.	55.75268	137.907644	0.0115	True

В некоторых строках набора были пропущены адрес на русском языке, широта и долгота. Адреса на английском языке были получены из транзакций. Целевой признак является функцией от количества операций за рассматриваемый период времени − 2017-2018 годы.

Анализ адресов показал, что банки в наборе имеют следующие идентификаторы:

- 80830 - Росбанк
- 10220 – АК Барс
- 19420 - Альфабанк
- 31855 – Газпромбанк
- 320 - Райффайзен
- 4965- Россельхозбанк
- 54780 - Уралсиб

На рисунке 1 представлены гистограммы распределения целевого признака в зависимости от банка. Как видно, оно отличается для различных банков.

Рассмотрим распределение целевого признака по координатам. Для этого отобразим банкоматы на карте (рис. 2).

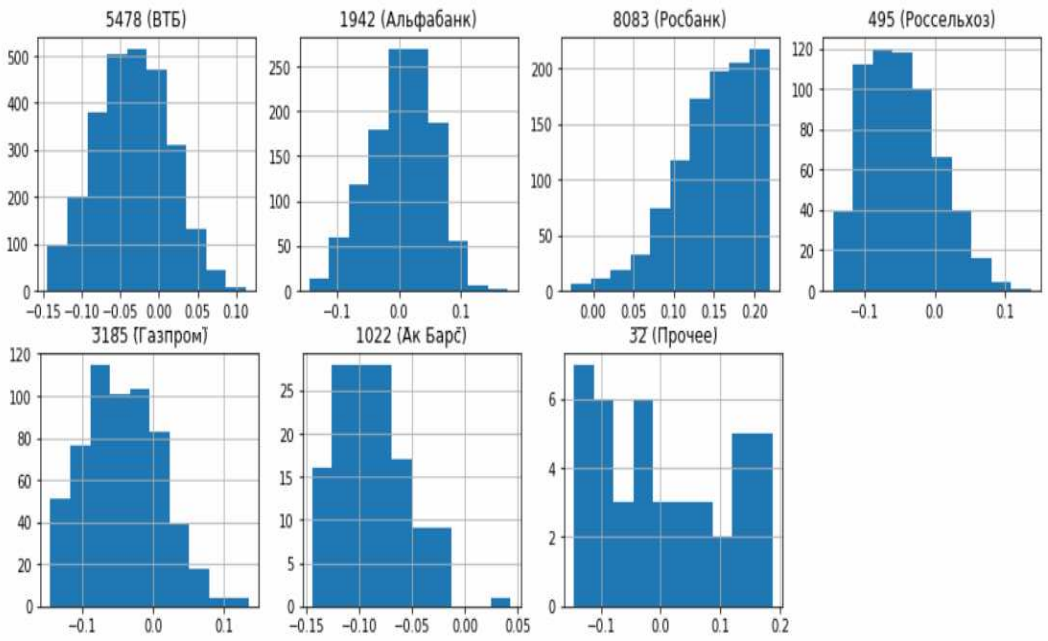


Рис. 1. Гистограммы целевого признака по банкам (id разделён на 10)

Как видно, распределение этого признака не зависит от координаты напрямую, однако его значение выше для крупных городов, особенно для городов с высокими средними зарплатами и плотностью населения. Из этого можно сделать вывод, что целевой признак может зависеть от имущественных показателей, плотности банкоматной сети в некоторой области и плотности населения.

Рис. 2. Географическое распределение целевого признака

При подготовке данных координаты банкоматов восстанавливались с помощью API Яндекс-карт и открытой информации вышеописанных банков. Некоторые данные были восстановлены вручную.

Также в таблицу были добавлены расходы по картам, средняя сумма на счете, средняя зарплата по региону, плотность населения по регионам за 2018 год, для чего использовались открытые данные Сбербанка. В качестве показателей плотности распределения банкоматов были выбраны расстояния до 5 ближайших, а также их среднее и вариация.

Построение моделей

В работе используются модели, полученные с помощью алгоритма градиентного бустинга над деревьями решений. Данный алгоритм строится следующим образом.

Алгоритм представляется в виде композиции алгоритмов деревьев $h(a_i)$

$$F_M(x) = \sum_{m=1}^{M} b_m h(x, a_m), \quad b_m \in B \subset \mathbb{R}, a_m \in A \subset \mathbb{R}^n \tag{1}$$

Композиция строится жадным методом, каждый раз в сумму (1) добавляется слагаемое, такое, что $h_m(a,b) = \arg\max_{a\in A, b\in B} Q.$

Большую популярность снискал стохастический градиентный бустинг [4], идея которого не в использовании всей обучающей выборки, а в использовании её случайной подвыборки, полученной с помощью бэггинга (создания случайной подвыборки с возвращением для элементов набора и признаков для каждого дерева).

В качестве метрики качества моделей выбран корень среднеквадратичной ошибки [3]. Эта метрика имеет смысл стандартного отклонения прогноза от целевой функции:

$$Q = \sqrt{\frac{1}{l}\sum_{i=1}^{l}(y(x_i) - y^*(x_i))^2} \tag{2}$$

Рассмотрим особенности трех реализаций градиентного бустинга: LightGBM, CatBoost, XGBoost. LightGBM использует разбиение деревьев, в качестве обучающих примеров выбирая только дающие малый прирост функционала качества, в то время как XGBoost использует предва-

рительно отсортированные признаки. Кроме того, LightGBM обрабатывает категориальные признаки, в то время как XGBoost обрабатывает все признаки как непрерывные. CatBoost принципиально отличается от двух других методов тем, что использует только категориальные признаки.

Рассмотрим, как распределены признаки по важности для трех методов. Для CatBoost наиболее важны признаки банка, являющиеся категориальными. Для XGBoost наиболее важны признаки расстояний между банкоматами, также как и для LightGBM. При этом для XGBoost являются более важными признаки координат и идентификатор банка, чем для LightGBM, в остальном среди двух последних алгоритмов нет принципиальных различий.

Сравнение моделей

Для обучения моделей были использована кроссвалидация на 5 подвыборках, для каждой из которых задавался новый случайный момент (random seed), так как в процессе экспериментов было определено, что точность моделей сильно зависит от случайного момента.

Значения ошибки, вычисленные по формуле (2) для полученных моделей на трёх подвыборках по городам и по всей обучающей выборке, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Ошибка моделей

	XGBoost	LightGBM	CatBoost
Москва	0.045477	0.044547	0.044566
СПб	0.035777	0.035685	0.034299
Москва+СПб	0.042807	0.042720	0.042202
Вся выборка	0.042771	0.043097	0.043341

Как видно, наилучшие результаты на полном наборе данных показывает XGBoost, а худшие − CatBoost. Это объясняется тем, что в данном наборе практически нет категориальных признаков. LightGBM незначительно отстаёт от XGBoost, а на малых выборках даже даёт более точные прогнозы. При этом LightGBM является наиболее быстрой реализацией градиентного бустинга.

В результате работы были построены модели предсказания загруженности банкоматов с помощью трёх реализаций градиентного бустинга. Также было проведено сравнение этих трех реализаций для данной задачи. При этом ни для одной из этих итераций ошибка прогнозирования не является достаточно малой, что говорит о необходимости улучшения моделей. Для дальнейшего увеличения точности предсказания целесообразно построить их композицию или использовать методы нейронных сетей. Кроме того, возможно использование геоинформацион-

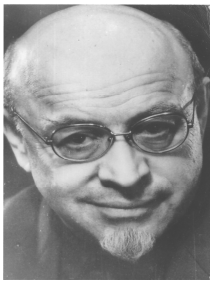
ных систем для получения таких признаков, как расстояние до офиса банка, до центра города, транспортных узлов, бизнес-центров, государственных учреждений и других. Результаты работы можно использовать для предварительной быстрой оценки загруженности, не требующей высокой точности.

Список литературы

1. Барсегян А., Куприянов М., Холод И., Тесс М., Елизаров С. Анализ данных и процессов: учебное пособие – БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
2. Градиентный бустинг. Открытый курс по машинному обучению. [электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/company/ods/blog/327250/#4-itog-pro-teoriyu-gbm.
3. А.В. Замятин. Введение в интеллектуальный анализ данных – Томск, 2016. – 119 с.
4. Mourad M., Optimal Location-Allocation of Automatic Teller Machines, Conference: World Academy of Science, Engineering and Technology, Volume 61, Dubai, UAE, 2012.
5. Friedman, J.H. Stochastic Gradient Boosting. Technical report. Dept. of Statistics, Stanford University, 1999.
6. Happy Data Year − New Year's data analysis championship from Rosbank. [электронный ресурс] – URL: https://boosters.pro/championship/rosbank2/

ЗАСЕДАНИЕ «ЗА КРУГЛЫМ СТОЛОМ» «ОБЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ – ОСНОВА МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ»

К 85-летию заслуженного деятеля науки РФ Анатолия Алексеевича Денисова



В этом году 11 июня заслуженному деятелю науки РФ, доктору технических наук, профессору Анатолию Алексеевичу Денисову исполнилось бы 85 лет.

А. А. Денисов окончил в 1958 г. Ленинградский политехнический институт (ныне Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого), был оставлен на кафедре и вел научно-преподавательскую работу в этом вузе непрерывно на протяжении 52 лет (1958—2010).

Прошел путь от студента до профессора, создал две научные школы – ***электрофлюидики*** (1960—1970-е гг.) и ***информационного анализа сложных систем*** (с 1973 г.).

А. А. Денисов — автор более 300 работ, в том числе 6 учебников, более 40 монографий, брошюр и учебно-методических пособий. Автор более 80 авторских свидетельств, 8 патентов; подготовил 30 кандидатов и 7 докторов наук.

Идеи информационной теории использовал также в общественно-политической деятельности.

В 1975–1979 гг. принимал участие в работе Комиссии Академии наук СССР, Совета Министров СССР и Госплана СССР «Подготовка кадров и образование», разрабатывавшей Комплексную программу научно-технического прогресса и его социально-экономических последствий и материалы к Основным направлениям экономического и социального развития страны на очередную пятилетку.

В 1989 г. был избран народным депутатом СССР (1989–1991 гг.). На I Съезде народных депутатов СССР избран членом Верховного Совета СССР, председателем Комиссии Верховного Совета СССР по вопросам депутатской этики. В 1990 избран членом бюро Ленинградского обкома КПСС (1990-1991), членом ЦК КПСС. На июльском (1991) Пленуме ЦК КПСС выступил с изложением своей концепции социализма («Коммунистический манифест-90»; опубликован в газетах и в журнале «Известия ЦК КПСС»).

11 февраля 1991 г. в ранге временного главы советской миссии в ООН выступил с докладом в Женеве на 47-й сессии Комиссии ООН по правам человека, отстаивая точку зрения СССР о событиях в Латвии. По поручению Верховного Совета СССР командирован (апрель–май 1991) в Азербайджан, Армению, Грузию, Чеченскую республику с целью предотвращения их выхода из состава СССР.

В 1991 г. создал совместно с рядом депутатов Верховных Советов СССР и РСФСР Социалистическую партию трудящихся (СПТ) и был избран сопредседателем этой партии. В составе делегации от народных депутатов и членов левых партий защищал интересы КПСС в Конституционном суде, выступал на заседании суда (1992).

После 1991 года некоторое время занимался общественно-политической деятельностью. Был внештатным советником Председателя Государственной Думы России (на общественных началах), первым заместителем председателя экспертно-консультативного Совета по проблемам национальной безопасности при Председателе Госдумы.

На протяжении всей жизни основным для А. А. Денисова было научное осмысление процессов в системах различной физической природы, что является важным вкладом в развитие теории систем и системного анализа.

УДК 303.732

Козлов Владимир Николаевич,
доктор техн. наук, профессор,
Волкова Виолетта Николаевна,
доктор экон. наук, профессор,
Болсуновская Марина Владимировна,
канд. техн. наук, доцент,
Логинова Александра Викторовна,
канд. экон. наук, доцент,
Широкова Светлана Владимировна,
канд. техн. наук, доцент,

ОБЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ – ОСНОВА ЭЛЕКТРОФЛЮИДИКИ И ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА СИСТЕМ А. А. ДЕНИСОВА

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, (812) 297–14–40
saiu@ftk.spbstu.ru

Аннотация. Характеризуются научные школы, созданные А. А. Денисовым – ***электрофлюидики*** (1960—1970-е гг.), на основе которой А. А. Денисов со своими учениками исследовал проблему общности процессов в электрических, гидравлических, пневматических средах, и ***информационного анализа систем***, развиваемой с 1973 г. на основе дальнейшего обобщения аналогий явлений и процессов в системах различной физической природы.

Интерпретируются понятия, введенные в теории_информационного_поля: чувственная информация (информация восприятия, элементная база, данные), логическая информация (сущность или информационный потенциал, значимость для принятия решения) и их логическое пересечение, которому соответствует категория информационной сложности, содержание, смысл.

Показано, каким образом возникли эти понятия в результате двух законов отражения – чувственного и логического, как интерпретируются эти понятия в дискретном варианте информационной теории, какие меры можно вводить для измерения этих стадий преобразования информации на основе детерминированного и вероятностного подходов, выбирая их с учетом конкретных задач и условий применения.

Ключевые слова: информационный подход к анализу систем, логическая информация, теория информационного поля, чувственная информации, электрофлюсидика.

Vladimir N. Kozlov,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Violetta N. Volkova,
Dr. of Economics, Professor;
Marina V. Bolsunovskaja, PhD in Technic,
Associate professor;
Aleksandra V. Loginova,
PhD in Economics, Associate Professor;
Svetlana V. Shirokova,
PhD in Technic, Associate professor

SIMILAR PROCESSES IN THE SYSTEMS OF DIFFERENT PHYSICAL NATURE – THE BASIS OF ELECTROFLUIDICS AND THEORY OF A. A. DENISOV'S INFORMATION ANALYSIS OF SYSTEMS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29. (812) 297–14–40
saiu@ftk.spbstu.ru

Abstract. The scientific schools created by A. A. Denisov: ***electrofluidics*** (1960-1970s), are characterized, on the basis of which A. A. Denisov and his students studied the problem of similarity processes in electrical, hydraulic, pneumatic, and ***information analysis of complicated systems***, developed since 1973 on the basis of further similarity of the analogies of phenomena and processes in systems of various physical nature.

The concepts introduced in the theory of the information field are interpreted: sensory information (perception information, element base, data), logical information (essence or information potential, significance for decision-making) and their logical intersection, which corresponds to the category of information formational complexity, content, sense.

It is shown how these concepts arose as a result of two laws of reflection - sensual and logical, how these concepts are interpreted in the discrete version of the information theory, what measures can be introduced to measure these stages of information transformation on the basis of deterministic and probabilistic approaches, choosing them based on specific objectives and conditions of use.

Keywords**:** informational approach to the analysis of systems, logical information, theory of the information field, sensory information, electrofluidics.

Введение.

Предложенные А. А. Денисовым теории – электрофлюидики и информационного анализа сложных систем – основаны на общности явлений и процессов в системах различной физической природы.

Теории основаны на разной исходной терминологии и ориентированы на различные сферы применения. Поэтому они кратко охарактери-

зованы в данной статье, а некоторые примеры применения этих теорий, подготовленные бывшими и современными аспирантами и докторантами Политехнического, приведены в последующих статьях.

1. Общность и дуализм законов природы

К концу XX века был открыт ряд *законов сохранения* (материи и движения; полной энергии; полного импульса; полного момента количества движения; тяжелых частиц; электрического заряда), которые, с одной стороны, отражают разнообразие природы, а, с другой – общность (все они являются законами сохранения материи и ее свойств), сходство законов в средах различной физической природы.

В табл. 1. приведены законы, описывающие электрические и механические процессы.

Таблица 1.

Механические процессы	Электрические процессы
Закон Ньютона $F = \frac{gm1m2}{r^2}$, , где g – гравитационная постоянная; $m_1 m_2$ – взаимодействующие массы	*Закон Кулона* $F = \frac{q1q2}{4\pi\varepsilon r^2}$, где ε – диэлектрическая проницаемость; q_1, q_2 – взаимодействующие заряды
Гидравлическая цепь $\frac{P}{\rho_m} = I_\Gamma r_\Gamma + L_\Gamma dI_\Gamma / dt + \frac{1}{c_\Gamma}\int I_\Gamma dt$, где $I_\Г$ – гидравлический ток; $r_\Г$, $L_\Г$, $c_\Г$ – гидравлические сопротивление, индуктивность и емкость	Электрическая цепь $u = I_Э r_Э + L_Э dI_Э / dt + \frac{1}{c_Э}\int I_Э dt$, где $I_Э$ – электрический ток; $r_Э$, $L_Э$, $c_Э$ – электрическое сопротивление; индуктивность и емкость
Принцип непрерывности потока жидкости (закон сохранения массы, вещества) $\oint_S j_\Г dS = -dm/dt,$ где $j_\Г = dI_\Г / dS$ – плотность тока жидкости $I_\Г$; S – замкнутая поверхность	Принцип непрерывности электрического тока (закон сохранения заряда) $\oint_S j_Э dS = -dq/dt,$ где $j_Э = dI_Э / dS$ – плотность электрического тока $I_Э$; S – замкнутая поверхность
Уравнение Бернулли $P = \rho_м(gh + v^2/2) + \Delta P_Т,$ P – плотность полной механической энергии; $\rho_м$ – объемная плотность массы; $\rho_m gh$ – плотность механической потенциальной энергии; g – ускорение в поле земного тяготения; h – высота уровня жидкости над данным местом гидравлической цепи; $\rho_м v^2/2$ – плотность механической кинетической энергии; – тепловые потери	Закон сохранение энергии $W_Э = \rho_Э(Eh + k_Э v^2) + \Delta W_Т,$ $W_Э$ – плотность полной механической энергии; $\rho_Э$ – объемная плотность заряда; $\rho_Э Eh$ – плотность электрической потенциальной энергии; h – расстояние от источника электрической энергии до данного места цепи $\rho_Э$ $k_Э v^2$ – плотность электрической кинетической энергии; $k_Э$ – коэффициент, характеризующий геометрию цепи; v – скорость течения заряда; $\Delta W_Т$ – тепловые потери

Перечень уравнений, аналогичных для механических и электрических явлений и процессов, можно было бы продолжить. Аналогичные законы характерны не только для гидравлических процессов, но и для газодинамики.

Приведенное в табл. 1 сопоставление закономерностей свидетельствует о явном внешнем формальном их сходстве. Поэтому первоначально возникла теория для совместного исследования электрогидро- и электрогазодинамичских процессов автоматики, названная *электрофлюидикой*, которую можно считать интегральной концепцией для исследования процессов в системах различной физической природы. Но в данном случае – гидравлических, пневматических и электрических процессов.

В последующем в развитии этой теории А. А. Денисовым была предложена теория информационного поля, ставшая основой и*нформационного подхода* к анализу систем.

2. Электрофлюидика

В 1960—1970-е гг. на основе обобщения аналогий процессов в электрических и гидравлических средах А. А. Денисов предложил и развил совместно со своими учениками новое направление в электрогидроавтоматике — ***электрофлюидику***, на основе которой он исследовал проблему общности процессов в системах различной физической природы – электрических, гидравлических, пневматических. Его школой создана техника непосредственной связи по управлению, и на этой основе электрогидравлические и электропневматические устройства, включая широкий спектр преобразователей рода энергии сигналов и ЭГД генераторов высокого напряжения для скоростных летательных аппаратов, управляющие устройства и преобразователи скорости жидкостей и газов, которые отличает полное отсутствие подвижных механических деталей и узлов, что делает их нечувствительными к большим ускорениям и радиации. Решение этой проблемы позволило получить ряд важных прикладных результатов, получивших широкое признание.

Основы теории возникли в 1958 году, когда в ходе преддипломной практики студент А. А. Денисов обратил внимание на то, что математические описания процессов в электрических и гидравлических средах схожи с точностью до констант. Это натолкнуло его на идею управлять потоками жидкостей и другими гидравлическими процессами с помощью электрических сигналов, электромагнитного поля. Реализовать эту идею во время дипломного проектирования не удалось. Однако идея понравилась заведующему кафедрой, профессору Б. И. Доманскому, который поручил оставленному для работы на кафедре молодому ассистенту А. А. Денисову вести своего аспиранта

Л. Г. Гольденберга — в соавторстве с которым Анатолий Алексеевич и опубликовал в 1965—1967 гг. свои первые научные труды по этому новому направлению науки.

Вскоре в аспирантуру пришёл В. С. Нагорный (ныне д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ), с которым А. А. Денисова на всю жизнь связала многолетняя совместная работа и дружба. В 1966-1967 гг. А. А. Денисов совместно с В. С. Нагорным и Л. Г. Гольденбергом получил свои первые авторские свидетельства, в том числе на «Электростатический гидропреобразователь» и «Струйный ЭГП». А в последующем – патенты ведущих индустриальных стран, которые А. А. Денисов в соавторстве с В. С. Нагорным получили ряд авторских свидетельств на принципиально новый способ дроссельного преобразования электрических сигналов в гидравлические, и на устройства, реализующие этот принцип, в соавторстве с О .И. Ивановым – на электрокинетический расходомер и др.

Дальнейшим развитием в этом направлении стало использование электромагнитного поля для управления не только гидравлическими, но и пневматическими процессами. Под руководством А. А. Денисова эту тему развивали его ученики Е. А. Цитлик и Е. А. Строганова (ныне доцент). В соавторстве с ними А. А. Денисов разработал новую линейку устройств, защищённых авторскими свидетельствами: «Пневмоэлектрический преобразователь» и «Расходомер для диэлектрических жидкостей и газов» (1971), «Газоразрядный измеритель давления» (1973). Вторым докторантом А. А. Денисова стал А. А. Ерофеев —один из ведущих учёных Политехнического, который вначале занимался электрогидропреобразователями, а затем создал новое направление: пьезоакустические устройства.

В числе докторантов А. А. Денисова, чей путь в науку начинался с аспирантских работ по разного рода преобразователям, расходомерам и генераторам — нынешний президент Псковского Политехнического университета С. М. Вертешев, В. В. Власов (Чебоксары), М. М.Телемтаев (Алма-Ата, Казахстан).

В числе иностранных учеников А. А. Денисова, получивших наиболее значимые результаты — один из ведущих деятелей атомной промышленности Индии доктор К. Л. П. Мишра, и Эдгар Флемиг (ГДР, ныне ФРГ), открывший понятие трибоэлектрического ряда как раз в период обучения в аспирантуре у А. А. Денисова.

Отличительной особенностью изделий (генераторы, преобразователи, расходомеры и пр.), созданных на основе теоретических обоснований А. А. Денисова и последующих трудов его школы, является полное отсутствие подвижных деталей и узлов, что делает их

нечувствительными к большим ускорениям и мощной радиации. Эти устройства выпускались на базе различных заводов и производств; использовались в разработках ведущих институтов и конструкторских бюро. Разработанные А. А. Денисовым и его учениками устройства использовались в работах Центрального аэрогидродинамического института им. Н. Е. Жуковского, Института проблем управления (ИПУ) Академии наук СССР (в н.в. – ИПУ РАН), ПКБ АСУ и ряда организаций оборонного комплекса.

Одной из общеизвестных областей применения основанных на электрофлюидике технологий являются струйные принтеры. Способ струйной печати, разработанный и предложенный в СССР А. А. Денисовым, в 1980-е годы опережал соответствующие технологии западных стран, в том числе предлагавшиеся в то время фирмой Philips.

По работам в этой области им получено более 80 авторских свидетельств, патенты в 6 ведущих странах мира – 6 патентов в США, Японии, Франции, Англии, ФРГ и Швеции, опубликованы монографии и учебные издания [1, 2 и др.].

2. Теория информационного поля

С 1973 г. на основе дальнейшего обобщения аналогий явлений и процессов в системах различной физической природы развил новое направление – ***теорию информационного поля*** и ее дискретный вариант ***– информационный подход к анализу систем.*** Эта теория позволяет с единых позиций описывать процессы в различных системах – технических, организационных, социальных, включая анализ процессов управления общественными конгломератами (экономика, политика, наука, образование и т. п.), что в дальнейшем явилось хорошей основой для развития теории систем и школы «Системный анализ в проектировании и управлении», развиваемой в Политехническом университете с 1998 г.

Основу теории А. А. Денисова составляет математическая теория поля и формализованное представление диалектической логики. Он обратил внимание на то, что в определении В. И. Ленина «*Материя – объективная реальность, данная нам в ощущениях*» [1], ощущения можно понимать как способ измерения материи.

На основе более точного определение материи у В. И. Ленина: «*Материя есть философская категория, для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими органами чувств*» [2] А. А. Денисов предлагает понимать *ощущения* как способ получения *ин-*

[1] Ленин В. И. Философские тетради / Полн. собр. соч. Т. 29. С. 153.

[2] Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм / Полн. собр. соч., т. 18, с. 121

формации об исследуемом объекте, поскольку «*копируется, фотографируется, отображается нашими органами чувств*» можно трактовать как получение информации с помощью различных органов чувств и их дополняющих способов измерения информации.

Теория информационного поля вызвала критику философов, поскольку ее основой была идея об измерении материи посредством отражения в информациях, что в настоящее время общепризнано. Но в тот период философы Политехнического вначале пытались запретить уже изданное первое учебное пособие А. А. Денисова [3]. Запрет снял проректор того периода В. Р. Окороков, который устроил дискуссию А. А. Денисова и философов и сделал вывод о большей убедительности точки зрения А. А. Денисова.

Позднее первая издававшаяся в центральных издательствах коллективная монография [4] из-за раздела А. А. Денисова дважды рецензировалась уже в гранках и вышла благодаря отзыву известного философа Б. В. Бирюкова, который посоветовал писать об измерении не материи, а материальных свойств, и это устроило редакцию.

Осмысливая отражение исследуемых объектов А. А. Денисов, опираясь на философии. И. Канта, который вводит понятии «вещь в себе» и «вещь для нас» и высказывает предположение о существовании чувственности и рассудка: «…посредством чувственности предметы нам даются, рассудком же они мыслятся» [1], и на работы Ф. Энгельса, который вводит понятия чувственного и логического познания.

В общем случае отражение не полностью адекватно отражаемому объекту. Поэтому говорят об информации для нас как результате отражения и об информации в себе, как атрибуте самой материи. Поскольку материя существует в пространстве, она тем самым всегда имеет структуру. Именно *структура* как распределение материи в пространстве характеризуется количественно и является *информацией в себе*.

Воспроизведение структуры материи на качественно иных носителях или в нашем сознании есть по Денисову *информация для нас*. Между этими информациями есть различие количественное, ибо *информация в себе* J_c в общем случае больше *информации для нас* $J_н$: [5 – 8 и др.]:

в линейном приближении: $$J_н = R_k J_c = R_k M, \qquad (1)$$

в более строгом варианте: $$J_н = R_k(J_c) J_c = R_k(M) M , \qquad (1, a)$$

где M – измеряемое материальное свойство (масса, цвет, заряд и т. п.), создающее J_c; $J_н$ – *чувственная информация* (*информация для нас*) или *информация восприятия*, которую в дальнейшем для краткости будем

[1] Кант И. Критика чистого разума. Пер. с нем. и предисл. Н. Лосского. СПб., тип. М. М. Стасюлевича, 1907.

использовать без индекса; R_k – *относительная информационная проницаемость среды*.

Соотношение (1) реализует *первый* из постулатов – *об адекватности отражения материи*, *закон чувственного отражения*, в соответствии с которым информация есть функция материи, которая, по меньшей мере, для ограниченных приращений носит характер пропорциональной зависимости.

Сумма потоков информации от отдельных частей материального объекта или от совокупности материальных объектов формирует информационное поле вокруг воспринимающего его. Если говорить об отражении материального объекта или поля некой произвольной замкнутой вокруг него поверхностью, то полная информацию можно формализовано представить как сумму потоков информации, приходящихся на единицу dS площади этой поверхности, т. е. из $\mathbf{O} = dJ/dS$. В таком случае должна иметь место теорема Гаусса, являющаяся математическим выражением философского положения о познаваемости мира:

$$M = \oint_S \mathbf{O} d\mathbf{S} \quad \text{или} \quad J_c = \oint_S \mathbf{O} d\mathbf{S}, \tag{2}$$

где **O** – вектор интенсивности потока существования (отражения); интеграл берется по замкнутой поверхности **S**, охватывающей изучаемое явление или объект.

С учетом (3) теорему Гаусса можно представить в форме:

$$J_н = \oint_S R_k \mathbf{O}\, d\mathbf{S} = \oint_S \mathbf{O}_н\, d\mathbf{S}, \tag{3}$$

где $\mathbf{O}_н = R_k\mathbf{O}$ – вектор интенсивности отражения; R_k – информационная проницаемость среды.

Логическое отражение, аналогичное *чувственному*. Но *логическая информация* (*сущность*) в отличие от чувственной, всегда относящейся к конкретным объектам, характеризует целый класс однородных в определенном отношении объектов, являясь семантическим синтезом законов логики, правил функционирования системы и ее элементов, образующих функционал ее существования

$$R\,\mathbf{M} = \oint_S \mathbf{E}\, d\mathbf{S},$$

где **E** – вектор напряженности поля логики; $R = R_k R_o$; – безразмерная константа, характеризующая логическую реакцию (поведение) отражающего объекта (субъекта) на поток **O.**

Тогда *закон логического отражения,* олицетворяющий адекватность отражения в отсутствие априорного знания, можно записать следующим образом:

$$\mathbf{E} = \mathbf{O}R(\mathbf{O}), \tag{4}$$

где **E** – вектор интенсивности логики (напряженности поля логики);

В общем случае R_o зависит от **O**, но всегда

$$\mathbf{E} = -\operatorname{grad} H, \tag{5}$$

где H – *потенциал поля* (*сущность* воспринимаемой информации);

Закон логического отражения – это *вторая аксиома* излагаемой теории универсального моделирования (*отражения*).

Логическая информация зависит от чувственного отражения.

Информационная сложность или содержание (смысл) C определяется пересечением (логическим произведением, а в частных случаях – декартовым произведением) J и H

$$C = J \cap H \quad \text{или} \quad C = J \times H. \tag{6}$$

Первоначально (в 1975 году, когда впервые была опубликована концепция А. А. Денисова под названием «Теория информационного поля», она была ориентирована на отображение и анализ пространственно-распределённых систем, и опиралась на аппарат математической теории поля.

Законы чувственного и логического отражения сопоставлены в табл. 1.

Таблица 1

Сопоставление законы чувственного и логического отражения

Закон чувственного отражения	Закон логического отражения
$R_k \mathbf{M} = \oint_S \mathbf{O}\, d\mathbf{S}$, $\operatorname{div} \mathbf{O} = R_k \rho$ где **O** – вектор интенсивности потока существования (отражения); $\rho = dM_i/dV$ – объемная плотность i-го материального свойства; R_k – информационная проницаемость среды. В общем случае R_k зависит от **O.**	$R \mathbf{M} = \oint_S \mathbf{E}\, d\mathbf{S}$, $\operatorname{div} \mathbf{E} = R \rho$; $\mathbf{E} = -\operatorname{grad} H$ где **E** – вектор напряженности поля логики; H – потенциал поля; $\rho = dM_i/dV$ – объемная плотность i-го материального свойства; $R = R_k R_o$; – безразмерная константа, характеризующая логическую реакцию (поведение) отражающего объекта (субъекта) на поток **O.** В общем случае R_o зависит от **O**

В ходе дальнейшего развития этой теории А. А. Денисов дал информационное описание объектов с сосредоточенными параметрами (то есть с выделением дискретных элементов) — теорию информационных цепей. В контексте различных публикаций в качестве обобщённого наименования подхода используются и другие термины (информационно-методологический подход, информационно-

гносеологический подход, информационный анализ систем), однако в дальнейшем в прикладных исследованиях привилось название «Информационный подход к анализу систем».

3. Дискретный вариант теории – три «лика» информации

В дискретном варианте теории А. А. Денисова основой является обоснование трех «ликов» *информации*, которая рассматривается как *парная категория* по отношению к *материи*, как *структура* материи, не зависящая от специфических её свойств.

Согласно формуле познания «От живого созерцания к абстрактному мышлению, и от него – к практике»[1] можно выделить три этапа отражения действительности: два пассивных – *чувственное* и *логическое* отражение, и один активный – этап *прагматического* отражения (рис. 1) [8]. На рис.1 обозначено: I – блок измерений; II – коррелятор; III – сумматор; IV – мультипликатор.

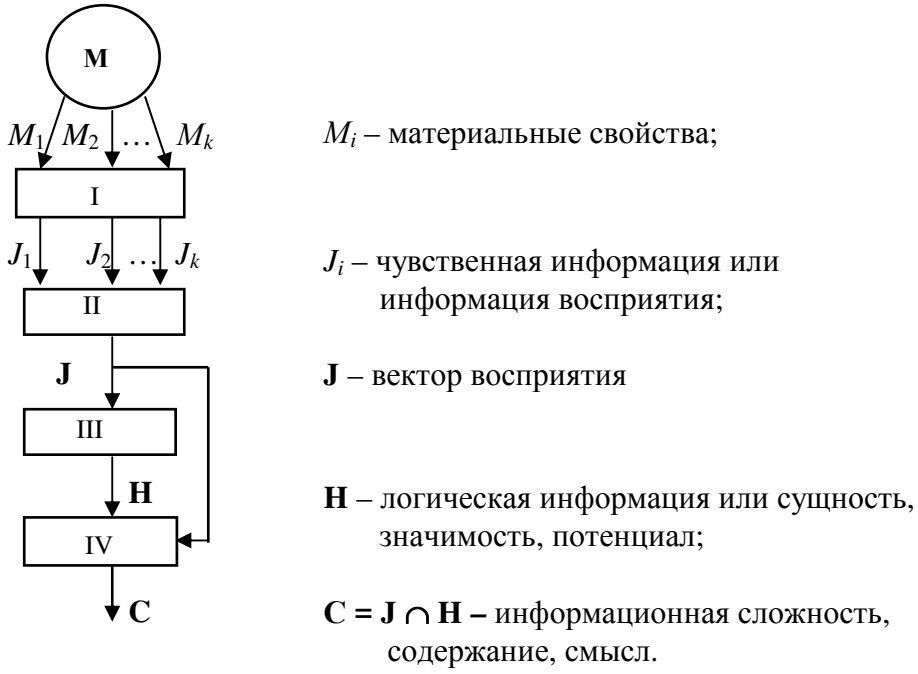


Рис. 1. Этапы отражения материи

Этап живого созерцания (чувственного отражения) начинается с выделения объекта **M.** Посредством измерительных приборов I идет процесс расчленения **M** на элементарные свойства M_i и их измерение с получением чувственной информации J_i. Далее идет процесс логического синтеза вектора восприятия **J** в подходящей к случаю системе координат в блоке II. Системно-структурные представления **J** об объекте переносятся на сам объект **M**. Этим завершается этап чувственного восприятия, когда реаль-

[1] Ленин В. И. Философские тетради / Полн. собр. соч. Т. 29. С. 15.

ный материальный объект воспроизводится в нашей психике как идеальный объект **J** (восприятие).

Как показано на рис. 1, чувственное отражение требует наличия двух образований: измерительного блока I (блока органов чувств) и коррелятора II (синтезатора), хотя и одновременных, но разрозненных ощущений. Первый, по всей видимости, присущ всей природе как живой, так и неживой. Второй же вероятно свойствен только всей живой природе, способной воспринимать как целое те или иные объекты.

В результате продуктами этих этапов являются *о*сновные формы существования информации в теории А. А. Денисова:

● *чувственное* отражение в форме *чувственной информации* (или *информации восприятия*), обозначаемой $J = RM$ – чувственная информация или информация восприятия, где M – материальные свойства;

● *логическая информация* (*сущность* или *информационный потенциал*) H;

● и их логическое пересечение, названное в рассматриваемой теории *информационной сложностью* (*содержанием, смыслом*) $C = J \cap H$.

Дискретное представление теории помогло ввести меры - детерминированные и вероятностные (табл. 2).

Способ опосредования (усреднения) J может быть различным, для чего вводится параметр γ, который может выбирать постановщик задачи.

Тогда
$$H=\sqrt[\gamma]{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} J_i^{\ \gamma}}\ , \qquad (7)$$

где J_i – результаты измерения A_i; n – объем понятия, т. е. число, охватываемых понятием объектов; γ – параметр логики усреднения, при различных значениях которого получаются различные выражения для определения H, приведенные в табл. 1 (в таблице знак $\prod$ – знак произведения).

Логическую информацию H можно определить через вероятностные характеристики. Если учесть, что, как было отмечено ранее, H характеризует не единичный объект, а класс однородных в определенном смысле объектов или свойств, то H можно определить через плотность вероятности $f(J_i)$ того, что J имеет значение J_i

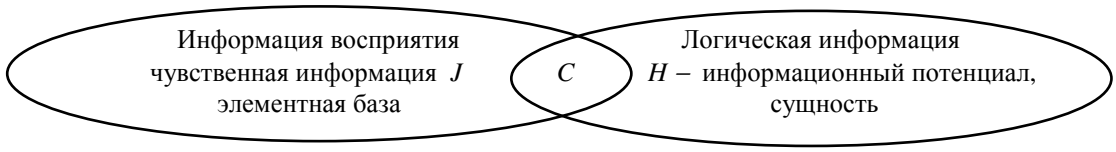
$$H = \int f(J_i)dJ_i \qquad (8)$$

В частном случае вместо плотности вероятности можно охарактеризовать класс однородных объектов просто вероятностью q_i и представить J_i в логарифмической форме; тогда получим

$$H = -\sum_{i=1}^{n} q_i \log p_i\ . \qquad (9)$$

Таблица 2

Меры информации



Детерминированный способ измерения	$= A_i/\Delta A_i$, где A_i – значение измеряемой величины; ΔA_i – «квант», с точностью до которого ЛПР интересует воспринимаемая информация (единица измерения, разрешающая способность прибора)	$H=\sqrt[\gamma]{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} J_i^{\gamma}}$, где J_i – результаты измерения A_i; n – объем понятия об охватываемых измерением объектах; γ – параметр усреднения	При $\gamma = 1$ получим среднее арифметическое $H = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{n} J_i$. При $\gamma = 0$ получим среднее геометрическое $H = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} J_i}$. При $\gamma = -1$ – среднее гармоническое $H = n / \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{J_i}$
Вероятностный способ измерения	$J_i = -\log_2 p_i$, где p_i – вероят-ность события. В случае использова-ния информации для достижения цели p_i называют вероятностью недостижения цели или степенью нецелесоответствия	$H = \int f(J_i) dJ_i \Rightarrow$ $H = \sum_{i=1}^{n} q_i J_i = -\sum_{i=1}^{n} q_i \log p_i$, где q_i – вероятность использования элемента информации. При $q_i = p_i$ $H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i$. При равновероятном выборе элемента $p_i = 1/n$ и $H = -\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{n} \log \frac{1}{n} = \log n$ Для прагматической информации $H_ц = -\sum_{i=1}^{n} q_i \log(1 - p_i')$, где p_i' – вероятность достижения цели, степень целесоответствия	

Значения q_i и p_i могут быть не равны, но возможны ситуации, когда $q_i = p_i$, что имеет место в формуле К. Шеннона

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i \qquad (10)$$

Для практических приложений вводится *прагматическая* (целевая) информация $H_ц$, которая описывается моделью, аналогичной (11,*б*), но вероятность недостижения цели p_i заменена на сопряженную $(1 - p_i')$

$$H_ц = -\sum_{i=1}^{n} q_i \log(1 - p_i') \qquad (11)$$

где p_i' – вероятность достижения цели; q_i – вероятность того, что оцениваемая компонента может быть реализована и/или использована для достижения цели.

Таким образом, J и H могут измеряться различными способами – детерминированно и с помощью вероятностных характеристик. В некоторых приложениях могут быть использованы одновременно обе формы представления информационных характеристик – и детерминированная, и вероятностная, а также – переход от одной формы к другой, Поэтому удобно пользоваться сопоставительной табл. 1, в которой приведены основные способы измерения J и H.

Следует оговорить особенности вероятностных характеристик, используемых в излагаемом подходе. В частном случае p_i может быть статистической вероятностью, определяемой на основе репрезентативной выборки, подчиняющейся той или иной статистической закономерности. Однако в общем случае вероятность достижения цели p_i' и вероятность использования оцениваемой компоненты (свойства) при принятии решения q_i могут иметь более широкую трактовку и использоваться не в строгом смысле с точки зрения теории вероятностей, справедливой для стохастических, повторяющихся явлений, а характеризовать единичные явления, события, когда p_i' выступает как *степень целесоответствия*.

По аналогии с предшествующими исследованиями Р. Хартли, К. Шеннона, А. А. Харкевича, в качестве единицы измерения информации принята единица, основанная на двоичном логарифме, дающая в качестве минимальной единицы информации величину 1 бит. В то же время, в принципе могут быть приняты и иные меры сжатия информационной шкалы – восьмеричные логарифмы – байты (уже нашедшие применение для оценки объемов информации в вычислительной технике) или даже, не применяющиеся пока – десятичные логарифмы (единицу можно назвать, например, «дек»), натуральные логарифмы («непер») и т. п.

Первоначально А. А. Денисов пользовался понятиями математической теории поля и назвал свою теорию теорией информационного поля. Но в последующем для практических приложений оказался удобнее дис-

кретный вариант теории, с помощью которого пояснял идею отражения материи более популярно для инженеров и который позволил ввести меры информации.

4. Закон «обратного квадрата»

С учетом соотношений, приведенным в разделе 3, законам чувственного и логического отражения можно придать следующие формы:

$$J = M \oint_S EdS / R, \tag{12}$$

и

$$\text{div } \mathbf{E} = R\rho.$$

В этой форме теорема Гаусса относится уже не к области внутри поверхности, охватывающей ту или иную материю, а соответственно, и отражающую ее информацию, а к каждой точке пространства, где есть определенная плотность материи (и информации). В случае, когда информация в данной точке отсутствует div **E** = 0.

В случае точечного объекта, находящегося в изотропной среде имеет место соотношение:

$$\mathbf{E} = \frac{RJ}{4\pi r^2}, \tag{13}$$

где r – расстояние от объекта до изучаемой точки пространства.

Соотношение (13) можно получить из (12), интегрируя по сфере радиусом r, т. е. при **E**/R= const.

В случае двух точечных объектов в изотропной среде из (13) получаем для логической связи закон, подобный законам Ньютона и Кулона в силовых полях:

$$\text{или} \qquad \begin{aligned} \mathbf{Л} &= R\frac{J_1 J_2}{\pi r^3}\mathbf{r}, \; Л = R\frac{J_1 J_2}{4\pi r^2}; \\ \mathbf{Л} &= R\frac{M_1 M_2}{\pi r^3}\mathbf{r}, \; Л = R\frac{M_1 M_2}{4\pi r^2}. \end{aligned} \tag{14}$$

Закон (14) отражает логику взаимодействия точечных материальных объектов M_1 M_2, и позволяет экспериментально убедиться в справедливости концепции информостатического поля, поскольку применительно к физическим полям он обращается в законы Кулона или Ньютона, подтверждаемые экспериментально.

Действительно, если проквантовать законы Кулона $F=q_1q_2/4\pi\varepsilon r^2$ (где ε – диэлектрическая проницаемость; q_1, q_2 – взаимодействующие заряды) и Ньютона $F = g\, m_1m_2/r^2$ (где g – гравитационная постоянная; m_1m_2 – взаимодействующие массы) условными квантами заряда, Δq и массы Δm, то материальные свойства объектов заряд $q/\Delta q$ и масса $m/\Delta m$ станут безразмерны-

ми и их можно переобозначить через *M*. Тогда домножив числители и знаменатели этих законов на квадраты соответствующих «квантов», получим соответственно $F=M_1M_2\,\Delta q^2/4\pi r^2$ и $F=M_1M_2\Delta m^2 g/r^2$. Если обозначить через $R\,\Delta q/\varepsilon$ и $4\Delta m^2 g$, имеющие одинаковую размерность *Дж* м*, то получим соотношение (14), что и доказывает правомерность использования этого выражения как обобщающего закона.

Существуют исследования, подтверждающие, что закон «обратного квадрата» справедлив в полях различной физической природы (см. Приложение 2 в [6]).

Этот закон проявляется и в экономике. Известны гравитационные модели Г. Кэри (для общественных явлений), В. Рейли (для розничной торговли), Д. Стюарта (для любых социальных и социально-экономических ситуаций [9 – 12].

Аналогично можно показать сходство других закономерностей в средах различной физической природы (закона сохранения энергии в электрических цепях и уравнения Бернулли в механических, принципов непрерывности электрического тока и потока жидкости и т. п.), что является важным результатом для естествознания.

5. Система законов формализованной диалектической логики

Конструируя сущность понятия *H*, А. А. Денисов вначале пользовался аналогиями теории цепей, а затем сделал доклад на семинаре В. С. Тюхтина в Институте философии АН СССР, и Виктор Степанович увидел в модели А. А. Денисова возможность вывода его символических представлений из последовательности требований, предъявляемых законами диалектики применительно к суждению.

Развивая эту идею А. А. Денисов создал систему формализованных законов диалектической логики [7}.

Первый закон – основной закона логики, справедлив как для классической логики, так и для диалектики. Этот закон получается в случае, если принять при измерении сущности наиболее простой и естественный способ, соответствующий линейной логике, т. е. параметру усреднения $\gamma = 1$, приводящему к среднему арифметическому.

Из (7) при $\gamma = 1$ следует

$$H = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{n} J_k = J / n_0, \qquad (15)$$

где q_k – вероятность встретить J_k среди всех n_o объектов; N – число различных информаций (объектов); $J = \sum_{i=1}^{n_o} J_k$.

При других значениях γ получаются усреднения другого типа: среднее геометрическое (при γ = 0), среднее гармоническое (при γ = – 1), среднее квадратическое (при γ = 2).

Соотношение (15) символизирует основной закон *классической логики Аристотеля*, согласно которому сущность *H* понятия обратна его объему n_o.

Второй закон диалектики – *закон развития*: «*Все течет и все изменяется*». Главное требование этого закона состоит в необходимости учета не только сиюминутного среза изучаемого явления, но и инерции его развития. Формально развитие понятие *H* в соответствии с этим законом можно представить следующим образом:

$$H_\tau = \tau dJ / dt , \qquad (16)$$

где τ – информационное сопротивление объекта изменениям, а *d* символизирует отрицание «*не*». Это и есть формализм понятия об изменении объекта самого по себе во времени.

Третий закон диалектики – *закон отрицания отрицания* без формализации наиболее труден для понимания.

Так, *J* есть тезис, $\Delta_1 J$ есть антитезис, т. е. отрицание *J*, а $\Delta_2 J$ есть анти- анти- тезис, отрицание отрицания *J*. Другими словами, если *J* есть *A*, то $\Delta_1 J$ есть «*не A*», а $\Delta_2 J$ есть «*не не A*», т. е. определенный, хотя и неполный в отличие от классической логики возврат к *A*.

Это и есть знаменитое развитие по спирали, чреватое циклическими возвратами к изначальным формам, но с иным уже содержанием.

В формализованном виде сущность *H* отрицания отрицания составляет

$$H_1 = L_{11} d^2 J_1 / dt^2 , \qquad (17)$$

где $L = \tau_0^2$ – ригидность процесса, характеризующая в широком смысле собственную инерционность объекта исследования, т. е. склонность к оптимизму в связи с положительными тенденциями роста сущности H_1 тезиса и к пессимизму в случае отрицательных тенденций $d^2 J / dt^2 < 0$.

Понятно, что математическая логика является частным предельным случаем диалектики. Поэтому законы математической логики применимы и к размытым объектам диалектики лишь приближенно.

Четвертый диалектический закон – *закон единства и борьбы противоположностей.*

С учетом этого закона итоговая сущность в случае одного объекта формируется как сумма противоположностей:

$$H = J / n + \tau dJ / dt + L d^2 J / dt^2 , \qquad (18)$$

где n_{11} – объем понятия об объекте; τ_{11} – информационное сопротивление объекта изменениям; L_{11} – ригидность объекта (сопротивляемость изменениям, инертность).

При этом в физике (18 это просто дифференциальное уравнение неравномерного движения инерционного объекта, а в логике это сущность информации *J* о неравномерном развитии объекта.

В зависимости от соотношения этих параметров человека, процесс становления понятия может быть как быстрым, так и медленным, а его характер может быть как плавным, так и колебательным, т. е. сопровождаться метаниями и сомнениями.

Пятый диалектический закон – *закон перехода количественных изменений в качественные* – акцентирует внимание на необходимости избегать абсолютизации тенденций развития, выявленных в начале процесса, ибо в дальнейшем они могут измениться вплоть до своей противоположности, причем именно вследствие развития.

Формально этот закон требует учета нелинейности многих процессов, зависимости характерных показателей от его хода. Так, скорость реакции человека на поступающую информацию существенно зависит от ее объема и значимости и по мере их роста сначала растет, но затем падает вплоть до нуля, если этот поток вызовет стресс.

Из этого закона следует также, что сумма свойств частей не есть свойство целого, а отрицание целого не обязательно означает отрицание частей, ибо может относиться к отрицанию лишь того нового свойства, которое возникло вследствие синтеза частей.

Шестой диалектический закон – з*акон всеобщей взаимосвязи и взаимозависимости явлений.* Учет этого закона означает, что в формировании понятия (сущности) H_1 каждого объекта принимают участие не только n_{11} информаций J_k об однородных с ним объектах, но и n_{12} информаций J_1 о связанных с ними объектах типа 2 и n_{33} информаций об объектах типа 3 и т. д.

С учетом этого закона соотношения (15 – 17) приобретают в общем случае форму

$$H_1 = J_1/n_{11} + J_2/n_{12} + J_3/n_{13} + \ldots, \qquad (19)$$

где n_{11} – собственный объем понятия объекта 1, а n_{12}, n_{13} и т. д. – взаимные объемы понятий объектов 1 и 2, 1 и 3 и т.д.; при этом в отличие от собственных понятий $H_{kk} = J_k / n_{kk}$, являющихся результатом усреднения информаций об объектах самих по себе вне связи с другими объектами, взаимные понятия $H_{ki} = J_i / n_{ki}$, являются продуктом усреднения всех информаций о взаимоотношениях *k*-го и *i*-го объектов; причем *J* является

суммарной информацией о всех соответствующих объектах, а n – общее число рассматриваемых объектов;

$$H_1 = \tau_{11} dJ_1 / dt + \tau_{12} dJ_2 / dt + \tau_{13} dJ_3 / dt + \ldots \qquad (20)$$

где τ_{11} – собственное информационное сопротивление объекта изменениям, и τ_{12} и τ_{13} и т. д. – взаимные с объектами 2, 3 и т. д. информационные сопротивления; здесь $H_{kk} = \tau_{kk} dJ_k / dt$ – сущность запаздывания самого объекта, $H_{ki} = \tau_{ki} dJ_i / dt$ – сущность запаздывания взаимодействия объектов;

$$H_1 = L_{11} d^2 J_1 / dt^2 + L_{12} d^2 J_2 / dt^2 + L_{13} d^2 J_3 / dt^2 + \ldots \qquad (21)$$

где L_{11}– собственная ригидность объекта 1, а L_{12}, L_{13} и т.д. – взаимные ригидности объектов 1 и 2, 1 и 3 и т.д.; здесь $H_{kk} = L_{kk} d^2 J_k / dt^2$ – сущность приспособления объекта к изменившимся условиям существования, $H_{ki} = L_{ki} d^2 J_i / dt^2$ – сущность перестройки отношений с иными объектами.

С учетом требований закона единства противоположностей исчерпывающе полную систему формально-диалектических суждений на примере трех взаимосвязанных суждений можно представить системой уравнений:

$$\left.\begin{aligned}
&H_1 = J_1/n_{11} + J_2/n_{12} + J_3/n_{13} + \tau_{11} dJ_1/dt + \tau_{12} dJ_2/dt + \\
&+ \tau_{13} dJ_3/dt + L_{11} d^2 J_1/dt^2 + L_{12} d^2 J_2/dt^2 + L_{13} d^2 J_3/dt^2 \\
&H_2 = J_1/n_{21} + J_2/n_{22} + J_3/n_{23} + \tau_{21} dJ_1/dt + \tau_{22} dJ_2/dt + \\
&+ \tau_{23} dJ_3/dt + L_{21} d^2 J_1/dt^2 + L_{22} d^2 J_2/dt^2 + L_{23} d^2 J_3/dt^2 \\
&H_3 = J_1/n_{31} + J_2/n_{32} + J_3/n_{33} + \tau_{31} dJ_1/dt + \tau_{32} dJ_2/dt + \\
&+ \tau_{33} dJ_3/dt + L_{31} d^2 J_1/dt^2 + L_{32} d^2 J_2/dt^2 + L_{33} d^2 J_3/dt^2,
\end{aligned}\right\} \qquad (22)$$

. . . ...

При этом все слагаемые (22), не содержащие производных, выражают суммарное содержание системного тезиса в его развитии. Все слагаемые с первыми производными выражают суммарное содержание системного антитезиса, а все слагаемые со вторыми производными выражают суммарное содержание системного переходного члена.

Разумеется, все производные мыслятся размытыми, ибо, строго говоря, они не производные, а символы вербальных (словесных) отрицаний соответствующих порядков, т. е. «не», «не не» и т. д.

Но если в формальной символике диалектической логики отрицание может быть любого порядка k, т. е. $d^k J / dt^k$, то в словесном выражении мы даже не располагаем терминами для обозначения отрицаний выше.

Система этих шести законов является полной и замкнутой, т. е. самодостаточной для описания любых явлений. Комбинируя эти законы, можно сформировать и ряд других законов, которые удобны в конкретных обстоятельствах.

Законы диалектической логики используются при принятии решений в условиях противоположных критериев-требований.

6. Методы организации сложных экспертиз, основанные на информационной теории А. А. Денисова

На основе информационного подхода А. А. Денисова, разработаны три вида методов, которые в отличие от традиционных экспертных методов основаны на получении оценок от единичных экспертов, лучше знающих возможности оцениваемых компонентов [13].

1) метод оценки, основанный на применении соотношения (11), т.е. на оценке степени целесоответствия p_i' – вероятности достижения цели, и q_i – вероятности того, что оцениваемая компонента будет реализована и/или использована для достижения цели;

2) метод сравнительного анализа оцениваемых компонентов в течение определенного начального периода их проектирования (внедрения, развития) путем сопоставления изменения информационных оценок во времени, основанный на использовании двух способов оценки – вероятностного и детерминированного;

3) метод оценки ситуаций, описываемых информационными уравнениями в статике и динамике (22) с учетом взаимного влияния оцениваемых компонентов.

Для реализации этих методов разработаны автоматизированные диалоговые процедуры [13 и др.]. Примеры применения этих методов приведены в последующих статьях.

7. Оценка степени целостности систем

Приведенный на рис. 1 вариант преобразования информации соответствует целостному восприятию объекта, т. е. получаем информационная сложность или смысл исследуемого объекта в целом как пересечение векторов **J** и **H:**

$$\mathbf{C = J \cap H},$$

что можно рассматривать как системный смысл или сложность.

Но можно не обобщать полученные J_i (не получать вектор **J**), а вначале определить значимость H_i воспринятых для конкретной ситуации принятия решения, и получить смысл каждого элемента и суммарную характеристику $C_o = \sum_i J_i \cap H_i$,.

Тогда можно говорить о *системной* $C_с$, *собственной* $C_о$ и *взаимной* $C_в$ сложности; при этом в теории А. А. Денисова показано, что :

$$C_с = C_о + C_в . \quad (23)$$

На основе информационного подхода А. А. Денисов ввел сравнительные количественные оценки иерархических структур [7, 8] с точки зрения степени целостности

$$\alpha = - C_в/C_о \quad (24)$$

и коэффициента использования свойств элементов в целом

$$\beta = C_с/C_о, \quad (25)$$

Исследования А. А. Денисова показали, что любая развивающаяся система находится между состоянием абсолютной целостности и абсолютной свободы элементов и при этом:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (26)$$

Этот вывод означает, что без обеспечения целостности в системе не могут возникнуть целостные, общесистемные свойства, полезные для ее сохранения и развития. Но в случае большой целостности система будет подавлять свойства элементов, и может утратить часть из них, в том числе полезных. Поэтому невозможно одновременно обеспечить и свободу, и управляемость, стабильность системы, что необходимо для обеспечения социальной справедливости в обществе.

Поскольку целостность обеспечивает устойчивость стабильность, то увеличение целостности системы должно повышать эффективность существования и развития системы. Однако исследования показали, что эффективность экономики вначале при возрастании степени регулирования увеличивается, а при чрезмерном регулировании, диктатуре – начинает снижаться, поскольку подавляются инициативы (негэнтропийные тенденции), способствующие развитию системы, а это отрицательно влияет на рост эффективности экономики, а в последующем может привести систему к гибели.

А. А. Денисов использовал результаты своих исследований в политической деятельности в период избрания народным депутатом СССР.

На методологической основе своей теории А. А. Денисов исследовал и такой непростой объект, как соотношение *целостности государства и свободы его граждан*.

Соотношение (26) он трактовал следующим образом: в каждый данный момент сумма относительной свободы β в обществе и относительной справедливости (устойчивости, стабильности) α есть величина постоянная: $\alpha + \beta = 1$.

А. А. Денисов написал несколько публицистических статей, разъясняющих смысл соотношение (26), – «Между двумя полюсами», «Между диктатурой и анархией» и др., изданных в последующем в книге "Глазами народного депутата СССР" [14, с. 277-280, с. 329-332].

Заключение

Таким образом, основными особенностями информационной теории А. А. Денисова являются следующие:

1. Теория разработана на основе *формализованного представления диалектической логики*, в которой отсутствует закон исключенного третьего, а, следовательно, имеется возможность отображения развивающихся систем.

2. Понятие *информации* трактуется как *мера отражения материального мира* и формализованном представлении законов отражения (чувственного и логического).

3. Показано, что отражение объектов или процессов проходит несколько стадий (рис. 1): вначале стадия ощущения или чувственного восприятия с учетом информационной проницаемости R в соотношении (3); затем – получение обобщенного представления о воспринимаемом – вектор **J**; затем – логическая обработка (в частном случае усреднения разного рода) и получение сущности воспринятого, логической информации или информационного потенциала **H**; и, наконец, – пересечение **J** и **H** и получение информационного смысл **C**.

5. На основе анализа процесса отражения материи вводится 3 вида информации: *чувственная информация* или информация восприятия (отображения элементной базы системы); *логическая информация* (характеризующая значимость, потенциал воспринятой информации); логическое пересечение этих видов информации, характеризующее *содержание, сложность* полученного информационного отображения. Вводятся детерминированные и вероятностные меры этих видов информации.

4. Концепция отражения материи и преобразования информации позволяет точнее использовать предлагавшиеся независимо меры информации. В частности, мера Хартли в больше мере соответствует измерению воспринимаемой информации (элементной базы), а мера Шеннона – измерению значимости информации, потенциала в модели принятия решения.

5. Детерминированная мера H (7) позволила понять, что большинство математических моделей основано на среднеарифметическом усреднении. В некоторых моделях применяется среднегеометрическое или среднеквадратическое усреднения.

6. Информационное содержание (сложность) *С* делится на *собственную, системную* и *взаимную*. Это позволяет исследовать проблему формирования целостности (системной сложности), количественно оценивать степень целостности α системы и свободы β ее элементов как борющихся диалектических противоположностей.

7. Использование законов диалектики позволяет разрабатывать и исследовать модели не только в *статике*, но и с учетом *кинематики* и *динамики* переходных процессов в системе, а также с учетом *взаимного влияния* исследуемых объектов.

К началу XXI века информационный подход нашёл широкое применение для моделирования систем управления, в решении многокритериальных задач и в отображении проблемных ситуаций с учётом взаимного влияния объектов или их материальных свойств, в сравнительном анализе иерархических структур, при проектировании сложных технических комплексов и т. п. На базе информационных оценок разработаны методы организации сложных экспертиз.

Методы А. А. Денисова и модели, разработанные на основе этих методов нашли широкое применение [12, 13, 15 и др.], в том числе для исследования проблем управления предприятиями и организациями в условиях внедрения современных инновационных технологий [16 – 19 и др.].

На основе своих исследований А. А. Денисов обнаружил неточности в теории относительности А. Эйнштейна, и в 1989 г. опубликовал брошюру «Мифы теории относительности» (Вильнюс, 1989, СПб., 2009) [20], переизданную в Политехническом [21].

Результаты исследований применял для объяснения общественно-политических процессов, публикуя в периодических изданиях, основные из которых опубликованы в книге «Глазами народного депутата СССР» [14].

Многие положения информационной теории А. А. Денисова в этой статье не отражены и еще не до конца поняты. Но его ученики стремятся их осваивать, использовать в своих научно-исследовательских работах, включать в учебные дисциплины, передавать студентам.

Список литература

1. Денисов А.А., Нагорный В.С. Пневматические и гидравлические устройства автоматики: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1978. – 214 с.
2. Денисов А. А., Нагорный В. С. Электрогидро- и электрогазодинамические устройства автоматики. – Л.: Машиностроение, 1979. – 288 с.
3. Денисов А. А. Теоретические основы кибернетики: информационное поле. — Л.: ЛПИ, 1975. — 40 с.
4. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи / В Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов и др. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.

5. Денисов А. А., Колесников Д. Н. Теория больших систем управления: Учеб. пособие для студентов вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 288 с,
6. Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа: учебник. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997. – 510 с.
7. Денисов А. А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. – 296 с.
8. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник. – М.: Юрайт, 2014. – 616 с.
9. Математика и кибернетика в экономике: Словарь-справочник. – М.: Экономика, 1975. – 700 с.
10. Бунге В. Теоретическая география. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1967.
11. Изард К. Методы регионального анализа. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1966. 5.
12. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В. Н. Волковой и В. Н.Козлова. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
13. Моделирование систем и процессов. Практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата / Под ред. В. Н. Волковой. – М.: Издательство Юрайт, 2016. –295 с.
14. Денисов А. А. Глазами народного депутата СССР. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2006. – 660 с.
15. Моделирование систем и процессов. учебник для академического бакалавриата / Под ред. В. Н. Волковой и В. Н. Козлова. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 449 с.
16. Волкова В. Н., Кудрявцева А. С. Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия // Открытое образование. 2018; 22(4): 64-73. https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-4-64-73https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-4-64-73.
17. System Analysis of Innovative Technologies of the Industrial Revolutions . V. N. Volkova,, A. S. Kudryavtseva,, A. V. Loginova,, Y. Y. Chernyy,, A. E. Leonova // Proceedings of the 3rd International Conference: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments [Ergo-2018].
18. Волкова В. Н., Ланкин В. Е. Проблема устойчивости социально-экономической системы в условиях внедрения инноваций четвертой промышленной революции // Научно-практический журнал «Экономика и управление: проблемы и решения. 6, т. 7 (77). 2018, май. – С. 25 – 29.
19. Problems of Sustainable Development of Socio-Economic Systems in the Implementation of Innovations / V. N. Volkova, A. V. Loginova, L. V. Chernenkaja, E. V. Romanova, Y. Y. Chernyy, V. E. Lankin // Proceedings of the 3rd International Conference: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments [Ergo-2018].
20. Денисов А. А. Мифы теории относительности. – Вильнюс: Лит. НИИ НТИ, 1989. – 32 с.
21. Денисов А. А. Мифы теории относительности. – СПб.: Изщ-во Политехнического университета, 2009. – 96 с.

УДК 621.431.75

Нагорный Владимир Степанович,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,

ВЕДУЩАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА РОССИИ – ЭЛЕКТРОГИДРО– И ЭЛЕКТРОГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ АВТОМАТИКА (ЭЛЕКТРОФЛЮИДИКА)

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, nagorny.vladim@yandex.ru

Аннотация. Показаны этапы становления ведущей научной школы России по непосредственному преобразованию рода энергии сигналов, основателем которой был ***Анатолий Алексеевич Денисов,*** и ее развитие в работах его учеников и последователей.

Ключевые слова: ведущая научная школа, преобразованию рода энергии сигналов, ЭГД автоматика, электрогазодинамические устройства, электрогидродинамические устройства.

Vladimir S.Nagorniy,
The Honored worker of a science of the Russian Federation,
Doctor of Technical Science, Professor

LEADING SCIENTIFIC SCHOOL OF RUSSIA – ELECTROHYDRO– AND ELECTROGASDYNAMIC AUTOMATION (ELECTROFLUIDIC)

Russia, St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, nagorny.vladim@yandex.ru

Abstract. In this article are shown the stages of formation of the leading scientific school of Russia on transformation of a kind of the energy signals, which her founder was Anatoly Alekseevich Denisov, and her development in the works of his learners and followers are shown.

Keywords: leading scientific school, transformation of the kind of signals's energy, EHD automatics, electrogasdynamic devices, electrohydrodynamic devices.

Фундаментальной научной проблемой является обеспечение эффективной связи физически неоднородных каналов управления и сбора информации, поскольку подавляющее большинство технических систем физически неоднородно, т.е. состоит из подсистем и объектов, имеющих разную физическую природу (электрическую, гидравлическую, пневматическую, механическую). Эта связь происходит посредством преобра-

зователей рода энергии сигналов (ПРЭС), которые преобразуют электрические сигналы (ток, напряжение) в гидравлические или пневматические сигналы (изменение давления или расхода жидкости или газа) и наоборот, как правило, с использованием подвижных механических и электромеханических элементов. Суть проблемы состоит в том, что наличие подвижных перемещающихся с трением механических и электромеханических элементов существенно снижает быстродействие преобразователей (устройств интерфейса), вызывает гистерезис, зону нечувствительности, сухое трение, что делает управление неоднозначным, снижает надежность систем. Традиционные пути улучшения характеристик ПРЭС (увеличение мощности электромеханических звеньев, охват обратными связями малонадежных узлов) приводят в тупик. В первом случае помимо очевидной нежелательности увеличения мощности устройств управления ввиду необходимости дополнительного усиления входного сигнала это приводит к увеличению их инерционности, стоимости, габаритных размеров и массы, а также к росту трения, деформаций и износов под действием возросших нагрузок. Второй случай продуктивен лишь тогда, когда сама обратная связь достаточно стабильна. В рассматриваемых же приложениях охват обратной связью, например, элекромеханогидравлического преобразователя требует использования гидроэлектрического преобразователя, как правило, также содержащего подвижные механические элементы, что делает нестабильной саму обратную связь. Получается замкнутый порочный круг проблем. Остается лишь путь конструктивного совершенствования ПРЭС, который, конечно, не может решить проблему в целом.

Таким образом, для качественного улучшения характеристик ПРЭС необходимо прежде всего устранить из процесса преобразования рода энергии сигналов подвижные механические и электромеханические элементы. Последнее позволит наряду с их традиционным применением в различных отраслях промышленности (судо- и самолетостроении, машиностроении, ракетной и космической технике и др.) по новому строить сами системы управления и разрабатывать новые технологии благодаря высокому быстродействию и повышенной надежности таких преобразователей без подвижных элементов.

Именно этот путь был избран в исследованиях и разработках Ленинградского политехнического института (ЛПИ), позднее Санкт-Петербургского государственного технического университета СПбГТУ) и ныне Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. (СПбПУ), проводимых с 1958 года и по настоящее время. Основателем этого направления был профессор, доктор технических наук ***Анатолий Алексеевич Денисов***.

За 60 лет непрерывной целенаправленной работы в России сформировалась ведущая научная школа с признанными лидерами и коллектив исследователей разного возраста и квалификации, объединенный общим направлением исследований по разработке теоретических и реализационных основ проектирования принципиально нового электрогидро– и электрогазодинамического (ЭГД) преобразования без подвижной механики и принципиально новых эффективных конкурентоспособных электрокаплеструйных технологий с микропроцессорным управлением для различных отраслей промышленности и областей науки.

Особенностью развиваемых принципов является то, что для управления объемами (каплями), струями и потоками жидкости или газа используются кулоновские или поляризационные силы, создаваемые на молекулярном уровне непосредственным приложением электрических полей к рабочим средам преобразователей.

Сформировано новое научно-техническое направление (получившее признание и высокую оценку специалистов), этапным в становлении которого стала изданная в 1979 году в издательстве «Машиностроение» тиражом в 5000 экземпляров первая в мире монография А.А. Денисова и В.С. Нагорного по непосредственному преобразованию рода энергии сигналов [2] и внедрение этих идей в учебный процесс СССР – в 1978 году в издательстве «Высшая школа» массовым тиражом (22000 экз.) выходит книга [3], допущенная Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов высших технических учебных заведений и конспект лекций [1] по поставленной учебной дисциплине тех же авторов. Эти работы высоко оценены специалистами. Монография [2] награждена Почетной грамотой Минвуза СССР в конкурсе на лучшую НИР, выполненную в ВУЗах СССР, учебное пособие [3] получило высшую награду ВДНХ СССР – Диплом Почета и Диплом Первой степени Ученого Совета ЛПИ в конкурсе внешних изданий, а изданный в ЛПИ в 1975 году тиражом 1000 экземпляров конспект лекций [1] получил Вторую премию Ученого Совета ЛПИ в конкурсе внутренних изданий.

В 1985 году в издательстве «Машиностроение» выходит (4300 экз.) монография [5], в которой обобщаются результаты разработок и внедрения ЭГД устройств в автоматизированные процессы дозирования в текстильной, легкой, строительной, химической промышленности и ряда других.

В 2011 г. выходит в свет монография [10], в которой изложены реализационные основы нового эффективного конкурентоспособного на рынке класса ЭГД преобразователей для различных отраслей

гражданской и оборонной промышленности (например, высокоточные расходомеры газа, преобразователи малых перепадов давлений в несколько Па на фоне МПа для специальных приложений и др.).

Впервые разработана общая теория реализации непосредственной связи по управлению в физически неоднородных системах автоматики, позволяющая решать задачи как анализа, так и синтеза ЭГД устройств и новых технологий на их основе, которая изложена в монографии ученика профессора А.А. Денисова заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора В.С. Нагорного [4]. Благодаря своей общности разработанная теория находит широкое применение не только в устройствах связи электрических и пневмогидравлических подсистем автоматизированных систем управления, но и в других областях: в авиакосмической технике в системах распыла углеводородного топлива и охлаждения для перекачки охлаждающей жидкости (электрокаплеструйные форсуночные модули авиационных двигателей, ЭГД насосы), в газовых виброподвесах в машиностроении и приборостроении, в электростатистических сепараторах зерновых продуктов в пищевой промышленности и других отраслях.

В рамках разработанного нового научно-технического направления сыграна определяющая роль в становлении в СССР и в России новой перспективной области техники, связанной с применением управляемых от микроЭВМ эффективных инновационных электрокаплеструйных технологий для различных отраслей промышленности.

Постановлением Председателя Государственного Комитета по науке и технике СССР академика Г.И. Марчука № 182 от 26.09.1983 г. д.т.н., профессор В.С. Нагорный утверждается членом Научного Совета Государственного Комитета по науке и технике СССР по проблеме «Сильные электрические поля в технологических процессах – Электронно-ионная технология», где курирует вопросы разработки и внедрения электрокаплеструйных и других электрогидродинамических и электрогазодинамических устройств автоматики и играет решающую роль в консолидации научных сил СССР (России) по разработанному направлению.

Разработан и внедрен целый ряд новых эффективных инновационных электрокаплеструйных технологий в авиационную, машиностроительную, электронную, легкую, судостроительную, кабельную, пищевую и другие отрасли промышленности России применительно к процессам распыливания топлива и сгорания топливно-воздушной смеси в камерах сгорания газотурбинных и турбореактивных авиационных двигателей гражданских и боевых самолетов, нанесения покрытий и жидких веществ на изделия различной формы из различных материалов, маркировки, дозирования, снятия зарядов. Разработанные электрокаплеструй-

ные технологии позволили обеспечить России значительное научное и технологическое преимущество в различных отраслях науки и техники, повысить уровень внутреннего производства конкурентоспособной высокотехнологической продукции. Это подтверждено широким внедрением разработанных электрокаплеструйных технологий в различные отрасли в России, США, Германии, ФРГ, Италии, Голландии, Венгрии, Чехии, Китае, Южной Корее, Иране, Монголии, странах СНГ, Балтии и др. стран.

Россия в этой нише стала конкурентоспособной в мире.

Фундаментальными в этом направлении стали монографии [6, 8]. В первой из них впервые в мировой технической литературе с единых методологических позиций обобщаются как отечественные, так и зарубежные данные в области теории и практики электрокаплестуйных методов регистрации информации в автоматизированных системах. Её автору в 1990 году ГК СССР по народному образованию и ЦК профсоюзов работников народного образования СССР присудил Третью премию за лучшую научную работу, выполненную в ВУЗах СССР в 1987-1988 г.г. Монография [6] явилась основой для дальнейших разработок (в рамках научной школы) принципиально новых конкурентоспособных электрокаплеструйных технологий для различных отраслей промышленности [8, 9].

Во второй монографии [8] впервые изложены основы расчета и проектирования конкурентоспособных электрокаплеструйных автоматических устройств для нанесения рабочих жидкостей на химические нити (волокна), используемых, в частности, в качестве элементов композитных материалов для различных приложений (например, корпуса подводных лодок, ракет и т. д, и т.п.). В монографии [8] впервые разработана и изложена общая теория электрокаплеструйной автоматики, ориентированная на самые разнообразные приложения. Изложенные в монографии [8] общие теоретические и реализационные основы электрокаплеструйной автоматики применены к разработанным принципиально новым электрокаплеструйным управляемым от микроЭВМ технологиям при производстве химических нитей, позволяющим получить на заданных участках движущихся со скоростью до 110 м/с нитей требуемое количество технологической жидкости (незаряженной или заряженной тем или иным знаком), что принципиально невозможно реализовать известными способами. За эту монографию в 2002 году решением Ученого Совета СПбГПУ ее авторам присуждена Вторая премия в конкурсе внешних изданий.

При реализации разработанных электрокаплеструйных технологий создается (с использованием микропроцессоров или микроЭВМ) линей-

ная последовательность в потоке монодисперсных капель рабочей жидкости (таких капель в секунду может быть сформировано на одном сопле до ста тысяч) одинакового диаметра (десятки, сотни микрометров), находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга, сообщении (при необходимости) *любой выбранной капле* рабочей жидкости заданной величины электрического заряда того или иного знака и отклонении в электрическом поле данной капли в заданную точку. Таким образом управляемая капля технологической жидкости является *исполнительным элементом* автоматизированных систем при реализации электрокаплеструйных технологий, что позволяет максимально использовать преимущества микропроцессорного управления. Достигается гибкость управления, поскольку можно в соответствии с требуемыми технологическими задачами управлять от микропроцессоров диаметром капель, их частотой, расстоянием между каплями, величиной и знаком сообщаемого капле электрического заряда, величиной и направлением отклонения заряженных капель в электрическом поле.

Научная школа в 2003 году Министерством промышленности, науки и технологий РФ признана ***ведущей научной школой Российской Федерации*** на основании сформулированных Минпромнауки России критериев: высокий уровень исследований в достаточно широком научном направлении; устойчивость научной репутации и традиций; преемственность поколений в ходе подготовки научных кадров высокой квалификации. В конкурсе грантов Президента Российской Федерации данная ведущая научная школа Российской Федерации стала победителем и получен престижный грант Президента Российской Федерации для ведущих научных школ РФ № НШ-2064-2003.8.

Научно-исследовательские работы и прикладные научные исследования в разработанном направлении успешно выполнены (научный руководитель В.С. Нагорный) в соответствии с Государственными проектами и Государственными контрактами: проектом № 01.01.041 Программы Министерства образования РФ «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники на 2001-2002 годы, подпрограмма «Производственные технологии»; проектом № 2.1.2/6494 целевой Программы Министерства образования и науки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2019 годы)» по подразделу 2.1.2 «Проведение фундаментальных исследований в области технических наук»; грантом Президента Российской Федерации для ведущих научных школ Российской Федерации № НШ-2064.2003.8; Государственным контрактом № 02.445.11.7000 на выполнение НИР по лоту «Развитие системы ведущих научных школ как среды генерации знаний и подготовки научно-педагогических кадров высшей квалифика-

ции. Проведение НИР по приоритетным направлениям федеральной целевой программы РФ «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002-2006 годы»; Государственным контрактом № 02.740.11.0201 (2009-2013 годы) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 годы»; Соглашением о предоставлении субсидии № 14.577.21.0087 (2014 – 2016 годы) ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014 –2020 годы», Приоритетное направление «Транспортные и космические системы».

В научно-педагогической деятельности внесен определенный вклад в усовершенствование системы образования в стране – В.С. Нагорным разработана новая интеллектуальная технология обучения студентов-механиков «Динамическое конструирование», позволяющая улучшить качество предоставляемого высшего образования, системы подготовки специалистов для нужд российской экономики и повышение международного престижа российских высших учебных заведений. Данная технология обучения позволяет создавать конкурентоспособное оборудование на мировом рынке и обеспечивает конкурентоспособность молодых специалистов на ранке труда. Эти идеи внедрены в учебный процесс СССР и России в вышедших учебных пособиях для студентов ВТУЗов [7, 11]. Первая книга также высоко оценена специалистами и в 1994 году получила Первую премию Ученого Совета СПбГТУ.

В 2019 г. по итогам проведенного конкурса В.С. Нагорный получил Первую премию Попечительского совета СПбПУ за лучшие разработки по защите интеллектуальной собственности на мировом рынке.

Характерные особенности сформированной ведущей научной школы России:

– неизменное в течении этих 60 лет ее ядро в лице признанных научных руководителей и базой в СПбПУ, что обеспечило эффективность исследований;

– постоянный рост квалификации сотрудников и широкое вовлечение молодых ученых в научные исследования: за эти годы по этому направлению:

- защищено молодыми учеными до 33 лет, как правило, через аспирантуру, более 50 кандидатских диссертаций, причем свыше 95 % из них защитили диссертации в срок обучения в аспирантуре;

- из года в год сотрудниками научной школы защищаются докторские диссертации: защищено 6 докторских диссертаций (Денисов А.А. – 1971 г., Нагорный В.С. – 1982 г., Власов В.В. – 1991 г., Гольденберг Л.Г. – 1997 г., Вертешев С.М. – 1999 г., Безруков В.И. – 2003 г., Пщелко Н.С.

– 2011 г., Колодяжный Д.Ю. – 2019 г.), причем рост научной квалификации осуществлялся по одной и той же схеме: аспирант (сотрудник научной школы) – кандидат технических наук – доктор технических наук;

– организация исследований по этому направлению в других вузах и организациях России под руководством бывших аспирантов и докторантов в тесном взаимодействии с СПбПУ;

– эффективность процессов исследований, подтвержденная:

- защитой более 50 кандидатских и 8 докторских диссертаций;

- общепризнанной мировой новизной разработанных методов непосредственного преобразования рода энергии сигналов и их аппаратного обеспечения – получено около 300 патентов РФ, США, Японии, Великобритании, ФРГ, Франции, Швеции и авторских свидетельств СССР на изобретения;

- конкурентоспособностью как на отечественном, так и зарубежном рынке разработанных электрокаплеструйных устройств и технологий, что подтверждено широким их внедрением в различных отраслях в России, США, Германии, ФРГ, Италии, Голландии, Венгрии, Чехии, Китае, Южной Корее, Иране, Монголии, странах СНГ, Балтии и др**.** *(всего внедрено на различных предприятиях в различных регионах России более 2500 шт. электрокаплеструйных устройств того или иного типа, Европы – более 400 шт., Азии – 340 шт., в том числе в Китае –80 шт.)*;

- высокой оценкой научной и педагогической общественностью изданных в центральных издательствах СССР и РФ сотрудниками научной школы монографий по результатам исследований, учебников и учебных пособий для студентов вузов, в которых значительное место уделено изложению результатов разработок новых ПРЭС без подвижных механических элементов;

- получением Государственной премии Российской Федерации по науке и технике (1993 г.);

- присвоением почетных званий «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1999 г., 2001);

- успешным участием научной школы в программах Министерства образования РФ, Минпромнауки России, Российской Академии наук, Международной программе Образования в области точных наук (ISSEP), грантами Президента РФ для ведущих научных школ Российской Федерации.

Основные работы ведущей научной школы России (всего опубликовано более 600 научных работ, в том числе около 20 монографий, учебников и учебных пособий и около 300 патентов РФ, США, Японии, ФРГ, Великобритании, Франции, Швеции и авторских свидетельств СССР):

Список литературы

Монографии, учебники, учебные пособия

1. Денисов А.А., Нагорный В.С. Элементы электрогидравлических и электропневматических систем автоматики, Л.: ЛПИ, 1975. – 196 с. (1000 экз.).
2. Денисов А.А., Нагорный В.С. Электрогидро – и электрогазодинамические устройства автоматики, Л.: Машиностроение, 1979. – 288 с. (5000 экз.).
3. Денисов А.А., Нагорный В.С. Пневматические и гидравлические устройства автоматики, М.: Высшая школа, 1978. – 214 с. (22000 экз.).
4. Нагорный В.С. Электрофлюидные преобразователи, – Л.: Судостроение, 1987. – 251 с. (1140 экз.).
5. Денисов А.А., Нагорный В.С., Телемтаев М.М., Воеводин В.П. АСУ процессами дозирования (под ред. В.С. Нагорного). – Л.: Машиностроение, 1985. – 223 с. (4300 экз.).
6. Нагорный В.С. Электрокаплеструйные регистрирующие устройства, Л.: машиностроение, 1988. – 269 с. (4280 экз.).
7. Нагорный В.С., Денисов А.А. Устройства автоматики гидро - и пневмосистем, М.: Высшая школа, 1991. – 367 с. (10000 экз.).
8. Нагорный В.С., Левченко Ю.А. Электрокаплеструйная автоматика в производстве химических нитей, СПб.: Изд-во «Политехника», 2001. – 231 с. (500 экз.).
9. Безруков В.И. Основы электрокаплеструйных технологий, СПб.: Судо - строение, 2001. – 240 с. (4000 экз.).
10. Нагорный В.С., Нагорный И.В. Преобразователи малых давлений и перепадов давлений в электрический сигнал с электрогидродинамической компенсацией по давлению, СПб.: Изд-во политехнического университета, 2011. – 224 с. (200 экз).
11. Нагорный В.С. Средства автоматики гидро – и пневмосистем», СПб., М., Краснодар: изд-во «Лань», 2014ю – 448 с. (700 экз.).
12. Власов, В. В. Основы векторной энергетики (Энергетика векторного взаимодействия потоков) – М. : Буркин, 1999. – 124 с.
13. Власов, А. В., Власов, В. В. Векторная энергетика средних метизов - Балаково : Балаков. ин-т бизнеса и упр., 2010–176 с.

Некоторые статьи

14 Нагорный В.С. Влияние электрического поля на поток диэлектрической жидкости в трубопроводах // Магнитная гидродинамика. 1968. С. 73–6.
15 Нагорный В.С., Безруков В.И. Исследование эмиссии капель в электростатическом поле // Магнитная гидродинамика. 1980. № 3. С. 111–117.
16. Нагорный В.С., Безруков В.И. Элементы проектирования каплеструйных регистрирующих устройств // Известия ВУЗов. Сер. Приборостроение. 1981. № 3. С. 16–20.
17. Нагорный В.С., Безруков В.И. Анализ электрогидродинамического преобразователя с радиальным электрическим полем и потоком жидкости // Магнитная гидродинамика. 1978. № 2. С. 137–142.
18. Нагорный В.С., Власов В.В. К построению электрогидравлических преобразователей с резко неоднородным полем // В кн. XIII Всесоюзное совещание по гидравлической автоматике. Калуга, 1974. С. 114–117.
19. Нагорный В.С., Власов В.В., Краснослободцев В.Я. Динамические характеристики электрогидродинамических вихревых преобразователей // Пневматика и гидравлика. М.: Машиностроение, 1983. Вып.10. С. 208–216.
20. Нагорный В.С. Электрофлюидика: состояние развития и применения в системах управления // Материалы 8 Международной Яблонской конференции по струйной технике. Бухарест. 1980. С. 228–236.

21. Нагорный В.С. Электрогазо – и электрогидродинамическое управление струями и потоками газа и жидкости. 1. Физико-математические основы // Прикладная механика и техническая физика, 2000. Т. 41. № 2, С. 25–31.

22. Нагорный В.С. Электрогазо – и электрогидродинамическое управление струями и потоками газа и жидкости. 2. Электрофизические основы // Прикладная механика и техническая физика, 2000. Т. 41. № 3, С. 34–42.

23.Nagorniy V.S., Smirnovsky A.A., Tchernysheff A.S. , Kolodyazhny D.Yu. Numerical simulation of the flow in the fuel injector in the sharply inhomogeneous electric field // Procedia Computer Science, volume 51, 2015. P. 1219-1228.

24.Nagorniy V.S., Smirnovsky A.A., Kolodyazhny D.Yu., Chemyshev A.S. Charge transfer in a sharply nonuniform electric field mediated by swirling liquid flow with minimal hydraulic resistance // Technical Physics Letters. 2015. Т. 41. № 4. С. 859–862.

25.Kolodyazhny D.Yu., Nagorniy V.S. Experimental study of the influence of electric field on parameters of kerosene-air mixture combustion // Russian Aeronautics. 2015. Т. 58. № 4. С. 438-442.

26.Kolodyazhny D.Yu., Nagorniy V.S. Electric Charge Imposition on Hydrocarbon Fuel Drops in Sharply Inhomogeneous Electric Field of Injector Modules // Russian Aeronautics. ,2016. Vol. 59. № 3, P. 402 – 407.

27. Modorskii V.Ya., Sipatov A.M., Babushkina A.V., Kolodyazhny D.Yu and Nagorny V.S. Modeling Technique for the Process of liquid film disintegration // International Conference on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR 2016). AIP Conference Proceedings, 2016. P. 030109-1 – 030109-7.

28. Kolodjachniy D.Ju., Nagorniy V.S. Influence of an electric field on dispersion of fuel by an atomizer of an aircraft engine // Noneguilibrium processes in physics and chemistry. Vol. 1. Plasma, clusters, and atmosphere /. – Moscow: TORUS PRESS, 2016. – P. 223 – 231.

29. Vojnov I.B., Kolodjazhnyj D.J., Nagorniy V.S. Computational modelling of conjugate heat transfer in the fuel atomizer withtwo-phase flow of fuel - air mixture // Noneguilibrium processes in physics and chemistry. Vol. 2. Combustion and Detonation/. – Moscow: TORUS PRESS, 2016. – P. 181–185

30. Колодяжный Д.Ю., Нагорный В.С. Экспериментальные исследования влияния электрического поля на скорость продуктов сгорания керосино-воздушной смеси // Вестник Московского авиационного института, 2016, Т. 23, № 1. С. 56 – 66.

31. Колодяжный Д.Ю., Нагорный В.С., Смирновский А.А. К вопросу о влиянии электрического заряда на поверхностное натяжение капель топлива на выходе форсунки // Вестник Московского авиационного института, 2016, Т. 23, № 4. С. 59 – 68.

32. Колодяжный Д.Ю., Нагорный В.С. Влияние электрического поля на распределение температуры продуктов сгорания керосино-воздушной смеси// Вестник Московского авиационного института, 2017, Т. 24, № 1. С. 57 – 62.

33. Нагорный В.С., Войнов И.Б., Колодяжный Д.Ю. Численное моделирование электрогидродинамических процессов воздействия резко неоднородных электрических полей на топливо // Современное машиностроение: наука и образование (MMESE-2016). Материалы 5-й Международной научно-практической конференции. 30.05. – 01.07.2016 г. СПб.: Изд-во Политехнического университета. С. 1357 – 1366.

34 .Нагорный В.С. Начальная напряженность электрического поля коронного разряда при малых межэлектродных промежутках // Электричество, 2004, № 12. С. 8–11.

35. Alexandr Nagorny, Vladimir Nagorny, Victor Tisenko. Improved-Accruacy Innovative Comensatory Flowmeters of Variable Pressure Differential Applied in Oil & Gas Industry // IEEE Xplore" (издательство Institute of Electrical and Electronics Engineers/ 2018. P. 1–4.

УДК 537.22

Вертешев Антон Сергеевич,
доцент, кандидат экономических наук,
Вертешев Сергей Михайлович,
заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор

ЭЛЕКТРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭНЕРГИИ КАК ЭЛЕМЕНТ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Россия, Псков, Псковский Государственный Университет
e-mail: president@pskgu.ru

Аннотация. Рассмотрены основные уравнения электрогазодинамики применительно к созданию генератора высокого напряжения. Описана система стабилизации выходного напряжения, которая представляет собой следящую систему, содержащую звено с чистым запаздыванием.

Ключевые слова: статическое электричество, высокое напряжение, электрогазодинамическое преобразование, система автоматической стабилизации.

Anton S. Verteshev,
Associate Professor, Candidate of Economic Sciences,
Sergey M. Verteshev,
Head of Department, Doctor of Technical Sciences, Professor

ELECTROGASODYNAMIC ENERGY CONVERTER AS AN ELEMENT OF AUTOMATIC SYSTEMS

Russia, Pskov, Pskov State University
e-mail: president@pskgu.ru

Abstract. The basic equations of electrogasdynamics as applied to the creation of a high voltage generator are considered. A system for stabilizing the output voltage, which is a tracking system containing a link with a pure delay, is described.

Keywords: static electricity, high voltage, electrogasdynamic conversion, automatic stabilization system.

В 2019 году исполняется 85 лет со дня рождения советского, российского ученого и политического деятеля, народного депутата СССР, доктора технических наук, профессора Денисова Анатолия Алексеевича [1]. В 1960-1970 годы профессор А.А. Денисов со своими учениками разработал новое научное направление – электрофлюидику, в рамках которого были созданы разнообразные электрогазодинамические и электрогидродинамические преобразователи и расходомеры [2, 3].

В числе таких преобразователей были разработаны и исследованы электрогазодинамические генераторы высокого напряжения для бортовой автоматики летательных аппаратов (ЭГД-генераторы) [4].

Высокое напряжение от десятков до сотен киловольт при малой мощности может быть получено с помощью трансформаторных схем, индукторов и электростатических машин. Трансформаторы в сочетании с выпрямительными устройствами или со схемой каскадного умножения при выходном напряжении до 10 кВ и мощности до 100 Вт являются удобными малогабаритными источниками. Индуктор – катушка Румкорфа пригодна в лабораторных целях для выработки напряжения около 10кВ. при небольшой мощности. Среди электростатических машин распространен генератор Ван-де-Граафа. Его принцип действия основан на электризации движущейся диэлектрической ленты. Он позволяет получать напряжение до нескольких миллионов вольт. В общем случае ЭГД-процессы аналогичны процессу, протекающему в генераторе Ван-де-Граафа. Однако, в ЭГД-генераторах электрический заряд переносится не с помощью твердого диэлектрика а с помощью потока газа (например, воздуха).

Общая система уравнений, описывающая ЭГД-процессы, представляет собой совокупность уравнений гидродинамики и электродинамики[5]. Фундаментальными уравнениями электродинамики являются уравнения Максвелла:

$$rot\vec{H} = \partial\vec{D}/\partial t + \vec{\sigma} \tag{1}$$

$$rot\vec{E} = -\partial\vec{B}/\partial t \tag{2}$$

$$div\vec{D} = \rho_e \tag{3}$$

$$div\vec{B} = 0 \tag{4}$$

Важное значение в ЭГД-процессах имеет закон сохранения заряда и обобщенный закон Ома. Закон сохранения заряда может быть записан в виде [5]:

$$\frac{\partial\rho_e}{\partial t} + div\vec{\sigma} = 0 \tag{5}$$

Обобщенный закон Ома выражает зависимость плотности тока $\vec{\sigma}$ не только от проводимости γ и напряженности электрического поля $\vec{E}$, но и от других параметров поля, определяющих свойства и движение

рассматриваемой среды. Обобщенный закон Ома может быть записан в виде [6]:

$$\vec{\sigma} = \gamma\left[\vec{E} + \vec{V}_e \times \mu\vec{H}\right] + \rho_e \vec{V}_e \tag{6}$$

Скорость движения заряженных частиц определяется выражением:

$$\vec{V}_e = \vec{V}_{пот} + \vec{V}_{отн}, \tag{7}$$

где $\vec{V}_{пот}$ - скорость нейтральной компоненты рабочего потока,
$\vec{V}_{отн}$ - скорость дрейфа заряженных частиц относительно нейтрального потока, обусловленная наличием напряженности электрического поля. При отсутствии магнитного поля выражение (6) с учетом (7) примет вид:

$$\vec{\sigma} = \rho_e\left(\vec{V}_{пот} + \vec{V}_{отн}\right) \tag{8}$$

Если носителями зарядов являются аэрозольные частицы, то $\vec{V}_{отн}$ определяется формулой Стокса [7]:

$$\vec{F}_{эл} = -6\pi\eta r\vec{V}_{отн} \tag{9}$$

Однако, по мере увеличения числа Рейнольдса *Re*

$$\mathrm{Re} = 2r\rho V_{отн}/\eta, \tag{10}$$

вычисленное по формуле Стокса сопротивление среды все более отличается от действительного сопротивления. Для *Re* = 0,01…1000 справедливы соотношения [7]:

$$V_{отн} = \eta\,\mathrm{Re}/2r\rho \tag{11}$$

$$\mathrm{Re}^2\psi = \frac{8\rho}{\pi\eta^2}F_{эл} \tag{12}$$

$$F_{эл} = qE \tag{13}$$

$$\psi = \frac{24}{\mathrm{Re}} + \frac{4}{\sqrt[3]{\mathrm{Re}}} \tag{14}$$

где ψ - безразмерный параметр, называемый коэффициентом лобового сопротивления шара, q - заряд аэрозольной частицы.

В уравнениях (11) – (14) предполагается, что аэрозольные частицы имеют шарообразную форму. Для маленьких капель размером около 1мкм это справедливо.

Если считать, что рабочий поток существенно тормозится за счет ЭГД-преобразования, то общая система уравнений должна включать в себя гидродинамические уравнения Навье-Стокса и неразрывности потока [7]:

$$\frac{d\vec{V}_{пот}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} gradP + \frac{\nu}{3} graddiv\vec{V}_{пот} + \nu\nabla^2\vec{V}_{пот} \qquad (15)$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + div\left(\rho\vec{V}_{пот}\right) = 0 \qquad (16)$$

Исходя из вышеизложенного получены выражения для инженерного расчета основных параметров ЭГД-генератора. При этом были приняты допущения: 1) электропроводность рабочей среды пренебрежимо мала; 2) влияние магнитного поля пренебрежимо мало; 3) рабочий поток содержит заряженные частицы только одного знака.

Рассмотрены вопросы автоматической стабилизации выходного напряжения ЭГД-генератора как элемента систем автоматики. Объект управления обладает запаздыванием, которое зависит как от длины зоны ЭГД-преобразования, так и от скорости газового потока. В качестве управляющего воздействия использовано напряжение источника, создающего электрическое поле для заряжения аэрозолей.

Передаточная функция разомкнутой системы стабилизации ЭГД-генератора имеет вид:

$$W_{раз}(p) = \frac{ke^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)^2} \qquad (17)$$

Обратная связь обеспечивается с помощью высокоомного делителя. При этом ток обратной связи лежит в пределах 0,1…0,01 тока нагрузки. Таким образом, система стабилизации представляет собой следящую систему с запаздыванием. Условием устойчивости системы стабилизации является достаточно малое значение времени запаздывания. Критическое значение времени запаздывания зависит от скорости рабочего потока, конструктивных параметров ЭГД-генератора и представляет собой величину порядка 1 мс.

Список литературы

1. Википедия, https://ru.wikipedia.org/wiki/Денисов,_Анатолий_Алексеевич

2. Денисов А.А., Нагорный В.С. Электрогидро- и электрогазодинамические устройства автоматики. – Л.: Машиностроение, 1979. – 288 с.
3. Денисов А.А., Нагорный В.С. Гидравлические и пневматические устройства автоматики: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1978. 214 с.
4. Вертешев С.М., Денисов А.А. Электрогазодинамический источник высокого напряжения. – Л.: Труды ЛПИ № 342, 1975, с. 124-126.
5. Повх И.А. Техническая гидродинамика. – Л.: Машиностроение, 1969.
6. Янтовский Е.И. В сб. «Вопросы магнитной гидродинамики и динамики плазмы». Рига: изд. Латв. ССР, 1952, с. 429.
7. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: изд. АН СССР, 1955, с. 41-45.

УДК 007+004.9

Широкова Светлана Владимировна,
доцент, канд. техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА А.А. ДЕНИСОВА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, swchirokov@mail.ru

Аннотация. При разработке и проектировании сложных технических комплексов необходимо задействовать методы и подходы системного анализа, управления проектами и другие. В том числе возникает необходимость использования методов организации сложных экспертиз для повышения объективности прямых экспертных оценок. В качестве такового в работе рассматриваются модели для управления проектами СТК, идея которых исходно была предложена в 1997 году в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук автором статьи [1, 2] на основе информационный подход Анатолия Алексеевича Денисова применительно к анализу, оценке и выбору варианта реализации сложных технических комплексов.. Применение данного подхода позволяет существенно повысить объективность прямых экспертных оценок за счет сведения последних к так называемым информационным оценкам [1].

Ключевые слова: теория систем и системный анализ, управление проектами, информационный подход, сложные технические комплексы.

[1] Впервые информационные оценки были применены в диссертации автора статьи [1].

Svetlana V. Shirokova
Associate Professor, PhD, Associate Professor

APPLICATION OF A.A. DENISOV INFORMATION APPROACH IN THE PROJECT MANAGEMENT OF DEVELOPMENT TECHNICAL COMPLEXES

Russia, St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
swchirokov@mail.ru

Abstract. When developing and designing complex technical systems, it is necessary to use the methods and approaches of system analysis, project management and others. Including the need to use the methods of organizing complex examinations to increase the objectivity of direct expert assessments As such, the paper considers As such, the work examines models for managing STK projects, the idea of which was originally proposed in 1997 in the thesis for the degree of candidate of technical sciences by this article's author [1, 2], based on the information approach of Anatoly Alekseevich Denisov as applied to the analysis, evaluation and selection of the implementation option for complex technical complexes. The use of this approach can significantly improve the objectivity of direct expert assessments by reducing the latter to the so-called informational ratings.

Keywords: system theory and system analysis, project management, informational approach, complex technical complexes.

Введение

При создании и разработке сложных технических комплексов возник, учитывая взаимосвязь между ними, рассматривая это как целостную систему. При этом необходимо применять методы системного анализа целей, подходы к управлению проектами, методы и подходы к повышению объективности экспертных оценок [3]. Методы системного анализа позволяют сформировать структуру продукта проекта (ложного технического комплекса – СТК), сформировать структуру задач проекта на всех его этапах. Методы и подходы к управлению проектами позволяют обосновать необходимость реализации данного проекта, сформировать план проекта, проанализировать риски (возможности и угрозы), проблемы и изменения, оценить прогресс проекта. Но на отдельных этапах реализации проекта возникают задачи выбора варианта (вариантов) формирования составляющих продукта проекта (СТК), задачи принятия решения, например, по элементам продукта проекта. Здесь и необходимо прибегнуть к помощи информационного подхода А.А. Денисова, который позволяет существенно повысить объективность экспертных оценок [4, 5].

1. Преимущество применения информационного подхода А.А. Денисова при организации сложной экспертизы для управления проектами сложных технических комплексов

При проектировании сложных технических комплексов возникают проблемы выбора их конфигурации и комплектации с учетом конкретных условий применения, разработки и проектирования, а также в том случае, когда нам необходимо определить приоритет создания отдельных компонентов технического комплекса. В процессе реализации проекта необходимо проводить сравнительный анализ различных вариантов реализации, например, технической системы, а также бывает необходимо вносить изменения в проект в процессе его выполнения.

Таким образом, возникают задачи оценки эффективности вариантов реализации сложных технических комплексов. В этом случае необходимо иметь возможность проводить оценку на всем протяжении реализации проекта от момента принятия решения о создании СТК до оценки результатов проекта.

При постановке задачи и формировании Технического Задания необходимо формировать требования к продукту проекта в диалоге с заказчиком. Заказчик и разработчик должны иметь возможность проанализировать возможные варианты проекта. Причем в качестве критериев оценки следует рассматривать как технические показатели, так и оценки экономической эффективности проекта (количественной и качественной) [6].

При формировании интегрированной оценки необходим рассматривать многие показатели (технические, экономические), которые могут быть измерены в различных единицах измерения, быть дискретными или непрерывными, носить бинарный характер и т. д. Таким образом, критерии разнородны и их трудно сопоставить между собой и, тем более, свести к единой интегрированной оценке.

Для получения обобщенной оценки в этом случае предлагается использовать информационный подход А.А. Денисова, а именно, информационные оценки [7].

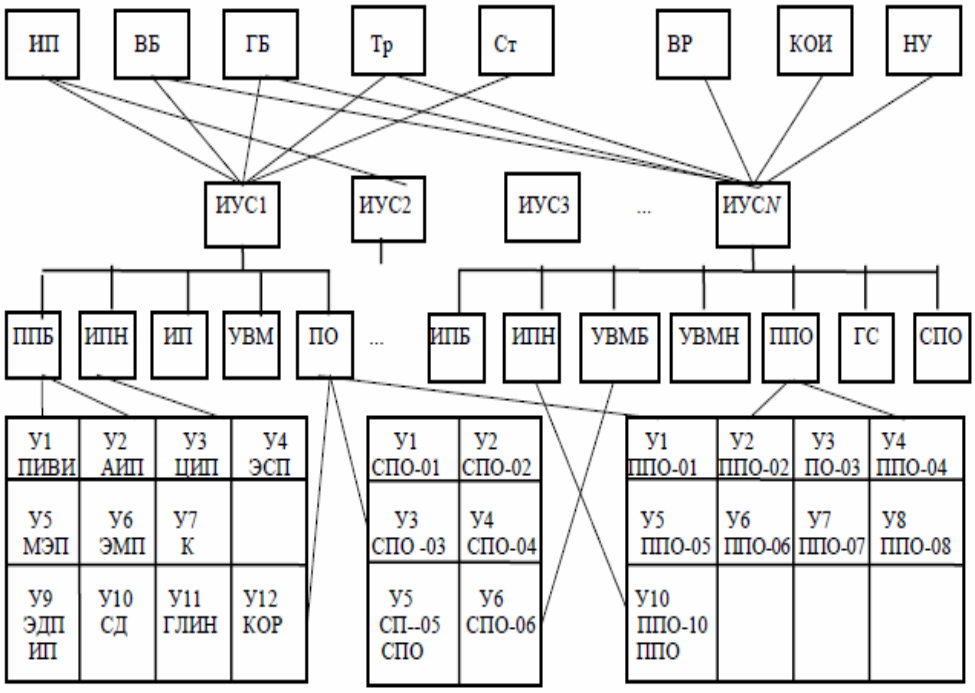
Информационный подход позволяет облегчить вычисление обобщенной оценки (при преобразовании оценки p_i в H_i она получается простым суммированием) и обеспечить возможность учета не только степени (вероятности) влияния p_i i-й компоненты проекта на реализацию требований к проекту, но и вероятности q_i использования этой компоненты в данной конкретной задаче.

В целом, информационные оценки обеспечивают более удобную обработку оценок. В этом случае мы можем сочетать вероятностные оценки с количественными детерминированными показателями. Это ещё раз показывает, что информационный подход позволяет повысить объективность и достоверность оценок.

6. Модель организации сложной экспертизы для управления проектами сложных технических комплексов

Таким образом, возникает необходимость создания системы организации сложной экспертизы проектов технических комплексов. В рассматриваемой модели применяются методы структуризации, которые позволяют сформировать варианты структуры продукта проекта (СТК). В этом случае мы структурируем большую неопределенность на более мелкие, лучше поддающиеся исследованию. И далее возможно применить уже информационный подход (ИП) А.А. Денисова, позволяющий сопоставить структуру требований заказчика и возможностей разработчика и получить обобщенные оценки для того, чтобы провести объективные сравнения вариантов СТК. ИП дает возможность приводить разнородные показатели к единым информационным оценкам [8].

На рис. 1 приведен пример, который показывает процесс оценки вариантов сложных технических комплексов (на примере информационных управляющих систем – ИУС) с учетом требований заказчика (верхняя часть рисунка) и возможностей научно-производственного объединения, разрабатывающего ИУС.



Приняты следующие обозначения: АИП – аналоговый измерительный прибор; ГС – графическая станция; Д – датчики; ИП – измерительный прибор; ИПН – измерительный прибор наземный; ИПБ – измерительный прибор бортовой; ИУС – информационно-управляющая система; К – компенсаторы; КОР – коррелометры; МЭП – магнитоэлектрический ИП; ПИВИ – прибор для измерения временных интервалов; ПО – программное обеспечение; ППБ – приемо-передатчик бортовой; ППН – пр8емо-передатчик наземный; ППО – прикладное ПО; ППП – пакет прикладных программ; СПО – системное ПО; СД – сенсорные датчики; УВМ – управляющая вычислительная машина; ЦИП – цифровой измерительный прибор; ЭМП – электромеханические приборы; ЭСП – электростатические приборы; ЭДП – электродинамические приборы

Рис. 1

На рисунке показаны возможные варианты их реализации из компонент, на разработке которых специализировалось НПО (нижняя часть рисунка), и направления влияния различных конфигураций ИУС на выполнение требований заказчика.

Для оценки можно использовать такие приведенные в верхней части рис. 1 количественные критерии: погрешность средств измерений (ИП), вес блока (ВБ), габариты (ГБ), трудоемкость разработки (Тр), стоимость (Ст) и т.п. Но важными являются качественные характеристики, которые могут быть оценены количественно лишь частично (в том числе путем стендовых испытаний), такие как надежность в изменяющихся условиях (НУ), стабильность характеристик при перегрузках (СП) и т.п. Немаловажные критерии для производителя при выборе заказа – возможность реализации (ВР) на данный момент, конструктивная однородность компонент изделий (КОИ) и др.

7. Формирование алгоритма выбора варианта СТК

При оценке по качественным критериям определяется степень p_i' влияния i-го варианта проекта или вхождения i-й компоненты СТК (или их совокупности) на реализацию ИУС, которые в соответствии с информационным подходом для удобства дальнейшей обработки преобразуются в оценку потенциала соответствующего варианта проекта или соответствующей компоненты СТК: $H_{ri} = -q_i \log(1 - p_i')$, где p_i' – степень влияния i-го варианта ИУС на достижение целей (требований) заказчика; q_i – вероятность выбора этого варианта [9].

В суммарную оценку результатов $\sum H_{ri}$ включаются как оценки варианта ИУС, полученные путем оценки степени влияния на реализацию качественных критериев, так и их технические характеристики, приведенные к информационным посредством вычисления относительных оценок p_{xi}.

Для оценки затрат могут наряду со стоимостными использоваться натуральные единицы измерения (например, трудоемкость разработки той или иной компоненты СТК, требуемые материальные затраты и др.), которые затем переводятся в относительные p_{zi} и H_{zi}, сопоставимые с оценками результатов $\sum H_{ri}$.

Таким образом, эффективность каждого варианта проекта СТК может быть выражена следующим образом: $Э_{вi} = \sum H_{ri} / \sum H_z$

.Для более полной оценки результатов и затрат можно учесть количество вариантов разрабатываемых СТК, число опросов экспертов, число модификаций технических и программных средств СТК, объединенных в оцениваемую группу средств и др., что отражается в оценках введением J_i, и обобщенная оценка результатов от внедрения i-й группы средств $C_{ri} = \sum J_i H_{ri}$, а оценка затрат на их внедрение $C_{zi} = \sum J_i H_{zi}$. Тогда эффективность каждой группы программных и технических средств в структуре СТК: $Э_i = C_{ri} / C_{zi}$.

Оценки H_{ri} могут уточняться с учетом оценок степени влияния k-го отдельного средства, входящего в состав группы компонент СТК. Пример алгоритма для определения эффективности с применением рассматриваемого подхода приведен на рис. 2.

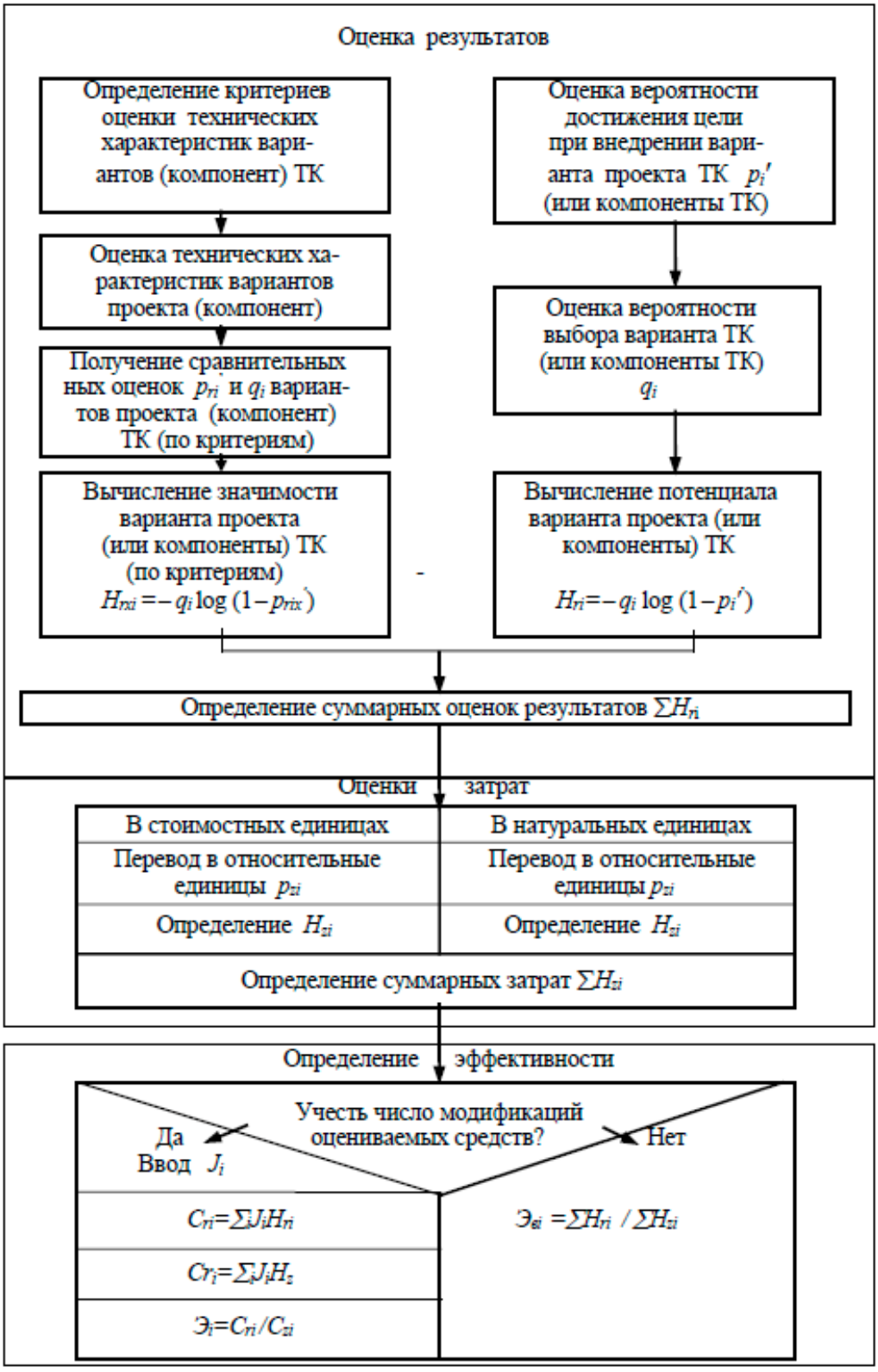


Рис. 2

В принципе можно применять при оценке влияния СТК или его компонентов на реализацию целей метод решающих матриц или оценки относительной важности, рекомендуемые в методике ПАТТЕРН. Однако рассмотренный алгоритм вычисления H_i на основе оценок p_i обеспечивает предлагаемому подходу некоторые преимущества по сравнению с методом решающих матриц и процедурами методики ПАТТЕРН: можно учесть не только p_i', но и q_i; упрощается получение обобщенных оценок влияния СТК или их компонентов на реализацию подцелей, так как H_i, измеряемые в битах, можно просто суммировать (а при обработке вероятностных оценок в других методах приходится применять более сложные процедуры).

Кроме того, при управлении разработкой и реализацией проектов, которые могут предусматривать внедрение значительного числа однородных компонент (например, станков с ЧПУ, их программных средств) с помощью рассматриваемого подхода можно проводить оценки с учетом процесса внедрения СТК, рассматривая их разработку и внедрение как нововведений [10].Для этого используется два способа измерения H_i – через вероятность p_i' и посредством характеристик воспринимаемой информации: а) в статике в какой-то момент проектирования СТК

$H_i = J_i/n_i$,

где $J = A_i/\Delta A_i$;

б) с учетом процесса внедрения НВВ и его динамики

$H_i = J_i/n_i + \tau_i\, dJ_i/dt + L_i\, d^2J_i/dt^2$.

8. Интерпретация результатов при вычислении информационных оценок

Применительно к данному приложению при вычислении $J = A_i/\Delta A_i$; A_i может интерпретироваться как значения критериев, приведенных в верхней части рис. 1. Например, для количественных критериев – погрешность средств измерений (ИП), вес блока (ВБ), габариты (ГБ), трудоемкость разработки (Тр), стоимость (Ст) и др.; для качественных – характеристики, которые могут быть оценены количественно лишь частично, в том числе путем стендовых испытаний, такие как надежность в изменяющихся условиях (НУ), стабильность характеристик при перегрузках (СП) и др., возможность реализации (ВР) на данный момент, конструктивная однородность компонент изделий (КОИ) и т.д. [11].

Значения критериев (в том числе и некоторых количественных) могут изменяться в процессе первого этапа выбора конфигурации изделия, комплектаций и т.п., появления новой информации в процессе стендовых испытаний и т.д.

Эти изменения отражаются с помощью параметров информационной модели: n_i – объем влияния i-го критерия на оценку потенциала H_i при выбранном ΔA_i (т.е. вклад данного критерия в реализацию требований заказчика); n_i вычисляется следующим образом: на основе экспертной оценки степени влияния p_i i-го критерия на реализацию требований заказчика определяется H_i и при известном J_i можно вычислить $n_i = J_i/H_i$; dJ_i/dt – скорость измерения значения критерия в процессе корректировки i-го варианта проекта; τ_i – минимальное время изменения критерия (с учетом выбранного ΔA_i); d^2J_i/dt^2 – ускорение, приращение скорости изменения критерия; L_i – ригидность системы, сопротивляемость изменениям; характеризует стабильность значения критерия, что в ряде случаев является важной характеристикой изделия.

Использование двух способов определения H_i позволяет, оценив прогнозную p_{ik}' на конец предварительного этапа отработки варианта проекта СТК, вычислить H_{ik} и $n_i = J_i/H_i$, а затем по изменению значений критериев определить J_{it} в различные моменты времени и вычислить значения $H_{it} = J_{it}/n_i$ на текущий момент по всем учитываемым критериям, которые затем можно суммировать, получать обобщенные оценки, вычислять относительную значимость вариантов проекта СТК [10].

В дополнение к рассмотренным оценкам для ранжирования учитываемых критериев можно применить модели, учитывающие взаимное влияние проектов СТК в процессе реализации. Тогда методика их оценки в процессе разработки и реализации будет включать несколько моделей организации сложных экспертиз, разработанных на основе информационных оценок.

Отметим, что в вероятностной оценке p_i' отражается только контролируемый эффект, который можно учесть с помощью критериев и которым можно управлять. При этом, если удается ориентировочно оценить ожидаемую эффективность от внедрения НВВ в стоимостных единицах (что неизбежно делается при выделении средств для их экспериментального внедрения), то оценки H_{it} помогают распределять средства на отдельные компоненты СТК, принимать решения о перераспределении средств в процессе внедрения СТК с учетом его хода и, соответственно, – о корректировке проекта СТК в целом.

Заключение

Рассмотренный подход к оценке проектов СТК в процессе их разработки и реализации базируется на основе информационного подхода и информационных оценок А.А. Денисова и позволяет существенно повысить объективность прямой экспертной оценки. Рассмотренный подход

является основой создания автоматизированного рабочего места для управления проектированием сложных технических комплексов.

Подход развивается и находит применение в различных сферах [12 – 14 и др.].

Список литературы

1. Широкова С.В. Исследование и разработка методов и моделей управления при проектировании сложных технических комплексов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук по специальности 05.13.01 – Техническая кибернетика и теория информации. – СПб.:1997. – 16 с. (Артикул: 38199)
2. Широкова С.В. Разработка информационных моделей системного анализа проектов сложных технических комплексов: Методичекие указания по курсовому проекту. – СПб.: 1998 . – 24 с.
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник. М.: Юрайт, 2017. 464 с.
4. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 450 с.
5. Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем. – М.: Юрайт, 2016. – 504 с.
6. Автоматизированные диалоговые процедуры для формирования и анализа структур целей и функций систем управления / Под ред. В.Н. Волковой. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 64 с.
7. Модели выявления приоритетов для инновационных компаний / В.Н. Волкова, А.В. Логинова, С.В. Широкова, Е.А. Яковлева // Сб. докл. XIX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2016). СПб. 25-27 мая 2016.. Т.2 С. 279–282.
8. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа. СПб.: Изд.-во Политехн. ун-та, 2005. 296 с.
9. Ильин И.В. Управление информационно-технологическими проектами /И.В. Ильин, С.В. Широкова, А.И. Левина, О.Ю. Ильяшенко. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. - 317 с.
10. Волкова В.Н., Логинова А.В., Широкова С.В., Козловская Э.А. Разработка инновационного ИТпроекта и управление человеческими ресурсами в проекте. Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2016. Т. 2. Секции 4-7. С. 283-287.
11. Shirokova S.V., Loginova A.V. Development of an innovative it-project and managing project human resources / В сборнике: Systems Analysis in Engineering and Management: Proceedings of the XVIII International scientific and practical conference. Best papers of the conference. 2015. С. 135-144.
12. Моделирование систем и процессов: Практикум / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, А.А. Ефремов и др. / Под ред. В.Н. Волковой. М.: Изд-во Юрайт, 2016. 295 с.
13. Подход к сравнительному анализу и выбору технологических инноваций третьей и четвертой промышленных революций / В.Н. Волкова, А.В. Логинова, А.Е. Леонова, Ю.Ю. Черный // XXI Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018). Сборник докладов в 2-х томах. Санкт-Петербург. 23–25 мая 2018 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 373-376.
14. Волкова В.Н., Кудрявцева А.С. Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия // Открытое образование. 2018; 22(4): 64-73. https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-4-64-73.

УДК 1082-004

Кудрявцева Арина Сергеевна,
аспирант

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА РЕШАЮЩИХ МАТРИЦ Г.С. ПОСПЕЛОВА И МОДЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА ИНФОРМАЦИОННОМ ПОДХОДЕ А.А. ДЕНИСОВА

Санкт-Петербург. Россия
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
arinkin94@mail.ru

Аннотация. Цель статьи рассмотреть особенности и недостатки метода решающих матриц Г.С. Поспелова и моделей, основанных на информационном подходе А.А. Денисова для исследования проблем принятия решений в организационных системах управления.

Ключевые слова: информационные оценки, информационный подход, метод решающих матриц, методы организации сложных экспертиз, относительная значимость, степень целесоответствия, цель.

Arina S. Kudriavtceva,
Postgraduate student

COMPARATIVE ANALYSIS G.S. POSPELOV'S THE SOLVING MATRICES'S METHOD AND MODELS BASED ON THE NFORMATION APPROACH A.A. DENISOV'S

St. Petersburg, Russia
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
arinkin94@mail.ru

Abstract.The purpose of the article is to consider the features and disadvantages the G.S. Pospelov's the solving matrices's method and models based on the A.A. Denisov's information approach for researching decision-making problems in organizational management systems.

Keywords: informational assessments, informational complex, solving matrices's method, methods of organizing complicated expertise, relative importance, stratified model, degree of purpose, goal.

Введение.

При внедрении технических, технологических, организационных нововведений на предприятиях или в научно-исследовательских организациях повышаются требования к тщательности анализа проблемных

ситуаций. В этих случаях целесообразно применять методы организации сложных экспертиз, а именно метода решающих матриц Г.С. Поспелова и модели, основанные на информационном подходе А.А. Денисова.

1. Метод решающих матриц Г.С. Поспелова

Идея метода решающих матриц, предложенная ***Г.С. Поспеловым*** [3], базируется на иерархическом расчленении большой неопределенности на более «мелкие», лучше поддающиеся исследованию, и пошаговом получении оценок.

Исходный вариант метода был предложен при создании сложных производственных комплексов, реализации крупных проектов и организации решения других аналогичных проблем. При проведении таких работ нужно определить значимость для проектируемого объекта фундаментальных научно-исследовательских работ. Для оценки значимости предлагается вначале спросить экспертов, какие направления исследований могут быть полезны для создания комплекса и попросить определить относительные веса этих направлений (подпроблем) $a_1 - a_{n\alpha}$. Затем – составить план опытно-конструкторских работ для получения необходимых результатов по названным направлениям и оценить их вклад $b_1 - b_{nb}$. Далее нужно определить перечень прикладных научных исследований и их относительные веса $g_1 - g_{ng}$. И, наконец, – оценки влияния фундаментальных НИР на прикладные $d_1 - d_{nd}$. [4].

Таким образом, область работы экспертов представляется в виде нескольких уровней: направления (подпроблемы) → ОКР → прикладные НИР → фундаментальные НИР. Непосредственно экспертами оцениваются только веса направлений (подпроблем), остальные относительные веса вычисляются. Эксперты оценивают вклад каждой альтернативы (ОКР, НИР) в реализацию элементов более высокого уровня, непосредственно предшествующего уровню данной альтернативы. Так, вклад ОКР в реализацию направления (подпроблемы) оценивается некоторой величиной p_{ij}. Оценив предварительно $a_1 - a_{n\alpha}$ и используя решающую матрицу $\| p_{ij} \|$, можно получить относительные веса ОКР:

$b_i = \sum_j p_{ij}\alpha_j$. Аналогично, зная b_i и оценив $\| p_{ki} \|$, можно получить относительные веса прикладных НИР g_k, а затем – и фундаментальных НИР d_y.

В результате при использовании метода решающих матриц оценка относительной важности сложной альтернативы сводится к последовательности оценок более частных альтернатив, что обеспечивает их большую достоверность при прочих равных условиях.

2. Модели, основанные на информационном подходе А.А. Денисова

Предложены три вида моделей, основанных на информационном подходе А.А. Денисова [3, 5].

Информационные модели 1-го вида

Применение информационных моделей 1-го вида основано на оценке степени влияния оцениваемых компонентов, например, инноваций (ИНН), на реализацию целей предприятия в анализируемый период развития. В соответствии с информационным подходом для оценки каждой ИНН вводятся оценки степени целесоотвествия (т.е. вероятности достижения цели) p_i и вероятности использования q_i, и вычисляется потенциал (значимость) H_i нововведения. Совокупное влияние нововведений определенной группы (например, объединяемых общей подцелью) [5, 6]:

$$H_ц = -\sum_{i=1}^{n} q_i \log(1 - p_i'), \qquad \{1\}$$

Изменение информационных оценок во времени

Информационные модели 2-го вида основаны на сравнительном анализе сложных систем в течение определенного начального периода их проектирования (внедрения, развития) путем сопоставления изменения информационных оценок во времени на основе способов измерения H_i: 1) через вероятность

$$H_i = - q_i \log (1 - p_i'); \qquad (2)$$

2) посредством детерминированных характеристик воспринимаемой информации. В статике в какой-то момент, принимая среднеарифметическое усреднение ($\gamma = 1$) [4],

$$H_i = J_i/n_i;, \qquad (3)$$

где J_i – информация о принимаемых критериях оценки хода внедрения ИНН, измеряемая в относительных единицах, т.е. $J_i = A_i / \Delta A_i$, где ΔA_i – минимальное количество инноваций i-го вида, которое определяет единицу измерения [4].

При этом предполагается, что H_i, измеренная вероятностно, равна H_i, измеряемой с помощью детерминированных характеристик.

Использование двух способов определения H_i позволяет при известном (вычисленном через p_i') H_i и измеренном значении критерия J_i вычислять:

$$n_i = J_i/H_i. \qquad (4)$$

Тогда, оценив прогнозную p_{ik}' на конец этапа внедрения ИНН, что специалисту сделать легче, чем давать оценки p_{it}' на текущий момент при контроле хода внедрения ИНН, можно вычислить H_i (3) и n_i (4), а затем по

оценкам значений критериев (прямых или косвенных характеристик состояния внедрения ИНН) определить J_{it} в различные моменты времени (начальный, текущий) и вычислить значения

$$H_{it} = J_{it}/n_i \qquad (5)$$

для этих моментов времени по всем сопоставляемым ИНН, которые затем можно суммировать, получать обобщенные оценки комплексов ИНН, вычислять относительную значимость отдельных ИНН этих комплексов, т.е. оперировать H, выраженными в универсальных относительных единицах или битах, как стоимостными оценками.

При оценке ИНН может быть использовано несколько критериев для каждого из них. В числе критериев должны быть количество внедряемых ИНН и оценки результата их внедрения такие, как повышение производительности труда, сокращение времени на внедрение ИНН, снижение себестоимости и т.п. оценки производственного процесса.

Оценка H_{ik}, полученная с помощью прогнозной оценки p_{ik}', делится между этими критериями пропорционально q_l, которая в данном случае может характеризовать степень влияния соответствующего критерия (показателя), с помощью которого оценивается ход внедрения ИНН, а далее для каждого из критериев определяются n_i, H_{it1}, H_{it2}, ... , H_{itj}, ...

Модели 3-го вида – оценка ситуаций, описываемых информационными уравнениями с учетом взаимного влияния инноваций:

$$\begin{aligned} H_1 &= f(H_{11}, H_{12}, H_{13}, \dots), \\ H_2 &= f(H_{21}, H_{22}, H_{23}, \dots), \\ H_3 &= f(H_{31}, H_{32}, H_{33}, \dots), \end{aligned} \qquad (1)$$

где H_1, H_2, H_3 , … – значимость (сущность) 1-й, 2-й, 3-й и т.д. ИНН; H_{11}, H_{11}, H_{22}, H_{33} … H_{ii},, …– собственная значимость 1-й, 2-й, 3-й, i-й ИНН без учета влияния других ИНН; H_{12}, H_{23}, $H_{\backslash 213}$ … H_{ii},, , … – изменение значимости i-й ИНН при учете влияния j-й ИНН в результате их взаимодействия [3]. В данной модели временной параметр не учитывается.

В частном случае модель может быть линеаризована, т.е. H_{ii} может определяться как сумма собственных значимостей ИНН и оценки влияния на ее значимость других ИНН, которые могут оказывать как положительно, так и отрицательное влияние, что в модели можно отразить знаком «±»: $H_i = H_{ii} \pm H_{ij}$.

В моделях можно применять вероятностный и детерминированный способы измерения информацию.

При применении информационного подхода А.А. Денисова можно также учесть не только статику, но и кинематику и динамику изменения оценок [4, 6].

3. Сравнительный анализ

Метод решающих матриц Г.С. Поспелова и модели, основанные на информационном подходе А.А. Денисова, разработаны на базе методов структуризации систем, т.е. на расчленении большой неопределенности на более обозримые. Оба метода способствуют повышению достоверности и объективности анализа. Однако методы организации сложных экспертиз на основе применения информационных оценок А.А. Денисова имеют ряд преимуществ по сравнению с методом решающих матриц (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение методов

Информационные оценки А.А. Денисова	Метод решающих матриц	Преимущество метода А.А. Денисова
$H_i = - q_i \log (1 - p_i'),$ где p_i' – вероятность достижения цели при использовании оцениваемой компоненты; q_i – вероятность реализации оцениваемой компоненты. Оцениваются p_i и q_i единичными экспертами	$b_i = \sum_j p_{ij} \alpha_j$ Оцениваются a_j, p_{ij} для каждой компоненты вышележащего уровня. Аналогично оценивается значимость компонетов последующих нижележащих уровней	При преобразовании оценки p_i в H_i вычисление обобщенной оценки получается простым суммированием. Обеспечивает возможность учета не только степени (вероятности) влияния p_i оцениваемой компоненты на реализацию целей, но и вероятности q_i реализации этой компоненты в конкретных условиях.
Используются одновременно вероятностные оценки. Оценивается p_i и вычисляется $H_i = - \log (1 - p_i')$ и детерминированные оценки $H = \sqrt[\gamma]{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} J_i^{\gamma}}$, $I_i = \frac{A_i}{\Delta A_i},$	Не позволяет отслеживать изменение оценки H_i во времени	Позволяет организовать управление экспериментальным внедрением одновременно нескольких нововведений, оценивая изменения их вклада в реализацию целей во времени и с учетом динамики H. При этом от эксперта требуется дать оценку степени целесоответствия не на текущий момент, а прогнозную оценку p_{jk}' (что он может сделать более объективно)
$H_1 = f(H_{11}, H_{12}, H_{13}, \dots),$ $H_2 = f(H_{21}, H_{22}, H_{23},),$ $H_3 = f(H_{31}, H_{32}, H_{33}, \dots)$	Не позволяет уточнять оценки H_i на основе учета взаимного влияния оцениваемых компонент	Позволяет уточнять оценки H_i на основе учета взаимного влияния оцениваемых компонент

В отличие от метода решающих матриц информационные оценки обеспечивают более удобную обработку оценок, возможность сочетать вероятностные оценки с количественными детерминированными характеристиками, что способствует повышению объективности и достоверности оценок, и, кроме того, позволяет на основе изменения измеряемых детерминированных параметров получать динамику изменения степени влияния подцелей, факторов, средств на реализацию целей предприятия (организации), учитывать взаимное влияние оцениваемых компонент.

При выборе метода следует также учитывать, что в моделях решающих матриц используются традиционные экспертные оценки [7], основанные на организации коллективной экспертизы и усреднении мнений экспертов, что может приводить к одному из недостатков коллективных оценок, которые нивелируют узкосубъективные черты оценок, но усиливают коллективно субъективные, а оценки p_i в моделях А.А. Денисова получают от единичных экспертов по каждой оцениваемой ИНН, которую предлагают и лучше знают ее возможности.

В то же время получить информационные оценки сложнее, чем ставшие более привычными оценки относительной значимости, используемыми в методе решающих матриц Г.С. Поспелова. Кроме того, метод решающих матриц был предложен раньше, чем модели, основанные на информационном подходе, и идея многоуровневых моделей с использованием информационных оценок базируется на первоначальной идее многоуровневых решающих матриц.

Приведенный сравнительный анализ нужно учитывать при выборе методов организации сложных экспертиз методов для разработки моделей сравнительного анализа ИНН в конкретных условиях.

Приведенное сравнение методов нужно учитывать при выборе методов организации сложных экспертиз в конкретных условиях.

Список литературы

1. Волкова В.Н. [и др.]. Модели управления инновационной деятельностью предприятий и организаций / В.Н. Волкова, А.В. Логинова, Е.А. Яковлева. – СПб.: Издательство Политехнического университета Санкт-Петербург, 2014. – 246 с.

2. Технологии и механизмы организации инновационной деятельности: обзор и проблемно-ориентированные решения / В.И. Аблязов, В.А. Богомолов, А.В. Сурина, И.Л. Туккель. – СПб.: Издательство политехнического университета, 2009. – 2215 с.

3. Поспелов Г.С. [и др.]. Проблема программно-целевого планирования и управления / Поспелов Г.С., Вен В.Л., Солодов В.М., Шафранский В.В., Эрлих А.И. – М.: Наука, 1980. – 440 с.

4. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз. – СПб.: Издательство Политехнического университета Санкт-Петербург, 2010. 129 с.

5. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. Изд. 2-е. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2004. 96 с.

6. Моделирование систем и процессов. Практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, А.А. Ефремов и др.; под ред. В.Н. Волковой. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 295 с.

7. Литвак Б. Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1992. – 184 с.

УДК 303.732

Голуб Юлия Александровна,
информатик-экономист, учитель информатики

РАЗВИТИЕ МЕТОДА РЕШАЮЩИХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА А.А. ДЕНИСОВА

Россия. Санкт-Петербург
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 274 с углубленным изучением иностранных языков Кировского района Санкт- Петербурга
July.golub@gmail.com

Аннотация. В статье показывается полезность объединения при исследовании многоуровневых структур идеи метода решающих матриц Г.С. Поспелова и информационных оценок, предложенных в теории А.А. Денисова. Предлагаемая идея иллюстрируется на примере исследования взаимосвязей между уровнями стратифицированной модели информационного комплекса.

Ключевые слова: информационные оценки, информационный комплекс, метод решающих матриц, методы организации сложных экспертиз, относительная значимость, стратифицированная модель, степень целесоответствия, цель.

Yulia A. Golub,
Computer scientis-economist, Teacher of Informatics

DEVELOPMENT OF THE SOLVING MATRICES'S METHOD ON BASED OF A.A. DENISOV'S INFORMATION APPROACH

Russia. Petersburg
State Budget Educational Establishment Secondary school № 274
with in-depth study of foreign languages Kirov district of St. Petersburg
July.golub@gmail.com

Abstract. The article shows the usefulness of the association in the study of multi-level structures of the idea the G.S. Pospelov's solving matrices's method and A.A Denisov's information assessments. The proposed idea is illustrated by the example of studying the interrelations between the levels of a stratified model of the information complex.

Keywords: informational assessments, informational complex, methods of organizing complicated expertise, solving matrices's method, relative importance, stratified model, degree of purpose, goal.

Введение

При исследовании сложных систем полезным является использование многоуровневых моделей, которые позволяют разделить большую

начальную неопределенность взаимоотношений между компонентами исследуемой системы на более обозримые. При оценке взаимоотношений между уровнями (стратами) системы применяют модели организации сложных экспертиз.

При разработке многоуровневой модели информационного комплекса для определения страт можно использовать разные принципы.

В данной статье приводится пример многоуровневого информационного комплекса (МИУК).

1. Модель многоуровневого информационного комплекса

Структуру многоуровневого информационно-управляющего комплекса (МИУК) можно получить, применив системно-целевой подход [1, 2, 5], в котором объект не «расчленяется» на элементы, т. е. не разрушается, а представляется в виде укрупненных компонент:

$$S_{def} \equiv \langle Z, STR, TECH, COND, N \rangle,$$

где $Z = \{z\}$ – совокупность или структура целей; $STR = \{STR_{\text{пр}}, STR_{\text{орг}}, ...\}$ – совокупность структур, реализующих цели (например, структура функциональной части АСУ, структура потребностей лиц, для которых разрабатывается информационная система); $TECH = \{meth, means, alg, ...\}$ – технологии (методы *meth*, средства *means*, алгоритмы *alg* и т. п.), реализующие систему, обеспечивающие ее существование и функционирование; $COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – условия существования системы, т. е. факторы, влияющие на ее создание и функционирование (φ_{ex} – внешние, φ_{in} – внутренние); N – «наблюдатели», т. е. потребители информации для принятия решений, лица, осуществляющие структуризацию целей, корректировку структур, выбор методов и средств моделирования и т. п.

Это определение помогает начать исследование сложного объекта, сохраняя его целостность. Например, на основе этого определения может быть разработана структура информационно-управляющего комплекса организации (см. рис. 1).

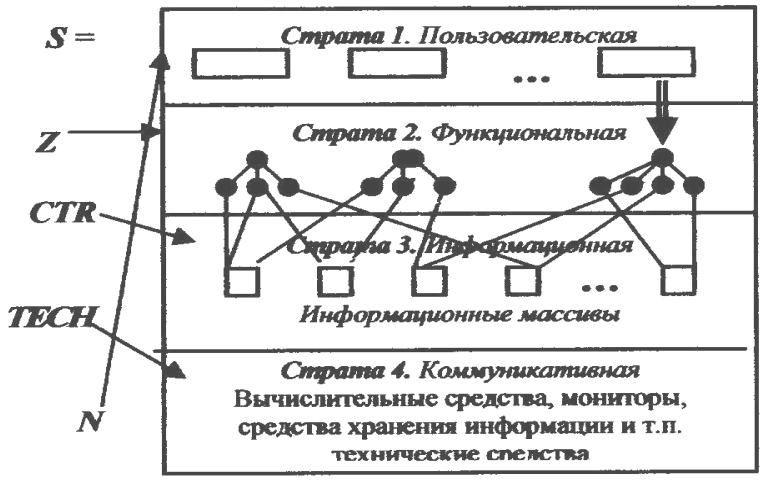


Рис. 1. Стратифицированная структура информационно-управляющего комплекса

2. Применение метода решающих матриц Г.С. Поспелова

Для организации сложной экспертизы можно применить метод решающих матриц, предложенный ***Г.С. Поспеловым*** как средство стратифицированного расчленения проблемы с большой неопределенностью на подпроблемы и пошагового получения оценок (см., напр., [6]).

С помощью метода решающих матриц можно вначале оценить относительные информационные потребности пользователей, детализированные на функциональной страте; затем – компоненты информационной страты их обеспечивающие, а затем – компоненты нижней страты, т. е. технические и программные средства, используемые для создания информационной страты.

Тогда в модели могут быть реализованы следующие страты (сверху вниз): информационные потребности с относительными оценками α_1, α_2, …, α_j, … ,$\alpha_{n\alpha}$; информационные массивы – β_1, β_2, …, β_i, ... , $\beta_{n\beta}$; составляющие (компоненты) информационной супермагистрали – γ_1, γ_2,…, γ_k , … , $\gamma_{n\gamma}$ (рис. 2).

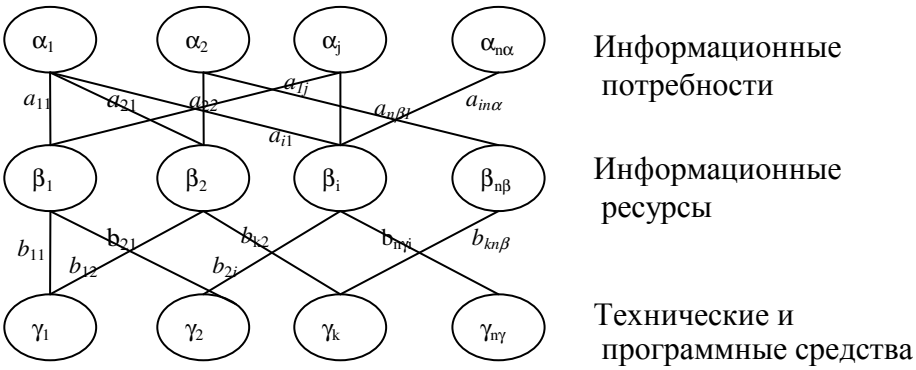


Рис. 2. Модель решающих матриц

Каждая строка решающей матрицы характеризует относительную значимость компонентов нижележащего уровня для реализации вышестоящего.

Вначале оценивается относительная значимость α_j компонентов верхнего уровня – информационных потребностей. Оценка проводится методом нормирования. Проверяется выполнение условие нормирования $\sum_{j=1}^{n\alpha}\alpha_j = 1$. Затем оценивается a_{ij} – относительная значимость компонентов информационного слоя (баз данных, массивов научно-технической информации и др. информационных ресурсов) для реализации информационных потребностей пользователей. Проверяется выполнение условия нормирования для каждой j.

На основе α_j и a_{ij} вычисляется β_i – относительная значимость компонент информационной страты

$$\beta_i = \sum_j a_{ij}\alpha_j \ .$$

Проверяется выполнение условия нормирования $\sum_{i=1}^{n\beta} \beta_i = 1.$

Далее оценивается b_{ki} – относительная значимость компонентов нижней страты, т. е. технических и программных средств, используемых для реализации информационной страты. Проверяется выполнение условия нормирования для каждой *i.*

Вычисляется γ_k – относительные веса компонент информационной супермагистрали для реализации информационной страты: $\gamma_k = \sum_i b_{ki}\beta_i$. Проверяется выполнение условия нормирования $\sum_{k=1}^{n\gamma} \gamma_k = 1.$ Алгоритм реализации метода решающих матриц приведен на рис. 3.

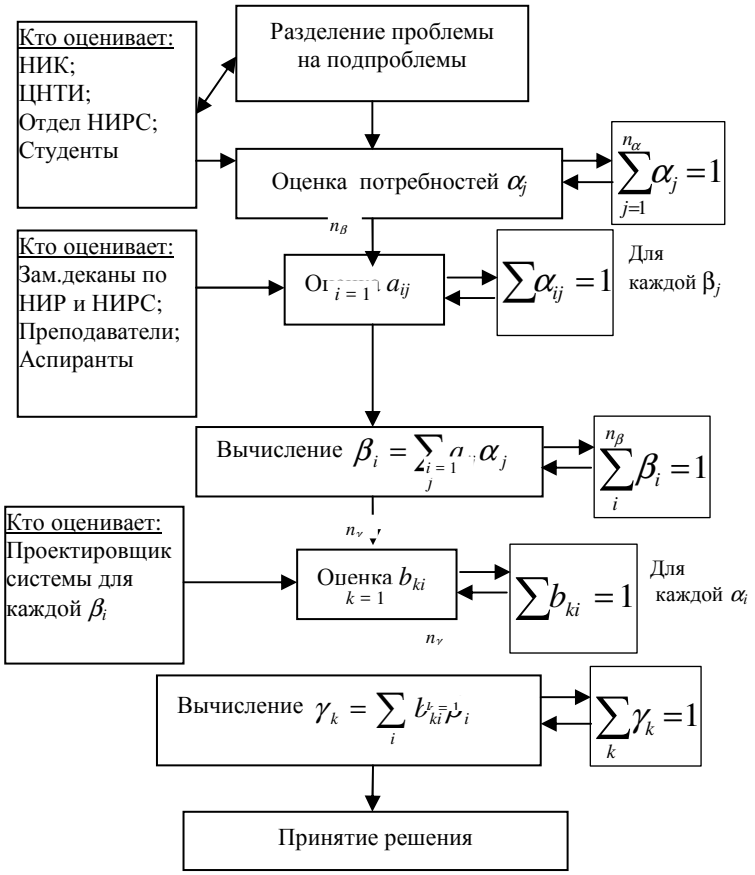


Рис. 2. Алгоритм реализации модели решающих матриц

При оценке технических и программных средств возможно формирование двух отдельных матриц и оценка значимости их компонентов для реализации информационной страты.

3. Развитие метода решающих матриц на основе информационных оценок А.А. Денисова

Еще более объективный анализ можно получить с помощью подхода к разработке модели организации сложных экспертиз, базирующегося на использовании методов структуризации и информационных оценок степени целесоответствия исследуемых компонентов, что реализуется на основе многоуровневой оценки влияния компонентов каждой нижележащей страты на реализацию компонентов вышестоящей страты.

В основу построении модели положена идея модели решающих матриц, а оценки между уровнями уточняются на основе информационного подхода ***А.А. Денисова*** [4], позволяющего приводить разнородные критерии (количественные и качественные) к единым информационным единицам, получая оценки от единичных экспертов по выбранным критериям. В качестве информационной меры, характеризующей значимость компонентов нижележащего уровня на вышестоящий используется мера потенциала H, которая позволяет учесть одновременно два критерия p и q:

$$H_{\alpha_j} = -q_{\alpha_{ij}} \log(1 - p_{\alpha_j}'), \quad (1)$$

где p_{aij}' – степень влияния компонентов нижележащего уровня на компоненты вышестоящего; q_{aij} – вероятность реализации / использования оцениваемой компоненты.

Тогда в модели, сохраняя страты (сверху вниз): информационные потребности с относительными оценками $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_j, \ldots, \alpha_{n\alpha}$; информационные массивы – с оценками $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_i, \ldots, \beta_{n\beta}$; составляющие (компоненты) технических средств – с оценками $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_k, \ldots, \gamma_{n\gamma}$, вводятся оценки p' и q между стратами (рис. 4).

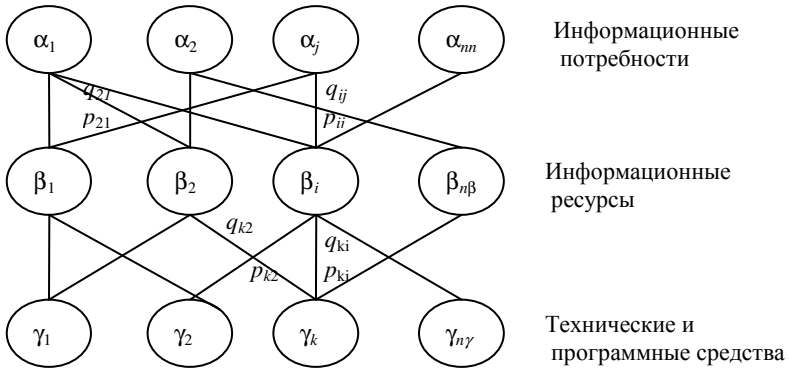


Рис. 4. Модель, основанная на информационных оценках

Оценка *p*’ производится единичными экспертами, для которых определяются сферы компетентности.

Получение обобщенной оценки проводится в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис. 5.

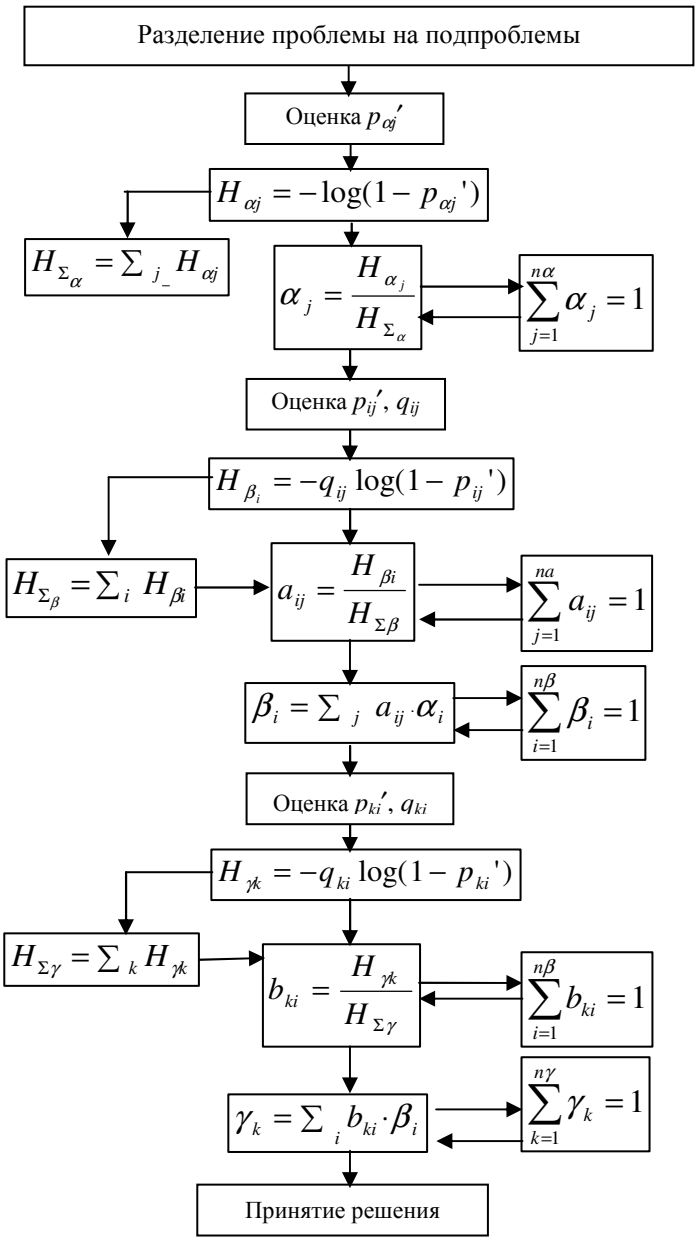


Рис. 5. Алгоритм реализации модели, основанной на информационных оценках

Компоненты верхней страты могут быть оценены либо методом нормирования, либо для верхней страты информационная мера степени влияния информационных потребностей может быть оценена как сте-

пень влияния p' потребностей пользователей на реализацию целей вуза, т. е. без учета q $H_{\alpha_j} = -\log(1 - p_{\alpha_j})$.

Для получения значения α_j необходимо выполнить процедуру нормирования, т. е. $H_{\Sigma_\alpha} = \sum H_\alpha$, $\alpha_j = \frac{H_{\alpha_j}}{H_{\Sigma_\alpha}}$.

На рис. 4 и 5 приняты следующие обозначения:

$\alpha_j = \frac{H_{\alpha_j}}{H_{\Sigma_\alpha}}$ – относительная значимость компонентов верхнего уровня – информационных потребностей;

H_β – информационная мера степени влияния информационного слоя (информационных баз) на реализацию информационных потребностей. $H_{\beta_i} = -q_{ij} \log(1 - p_{ij})$;

p_β – степень влияния компонент информационной страты (информационных баз) на реализацию информационных потребностей пользователей;

q_{ij} – вероятность выбора и реализации компонентов информационной страты с точки зрения лиц, принимающих решение при их выборе на вышестоящем уровне;

H_γ – информационная мера степени влияния компонент информационной супермагистрали (технических и программных средств) на реализацию информационных баз. $H_{\gamma_{ki}} = -q_{ki} \log(1 - p_{ki})$;

p_γ – степень влияния компонент информационной супермагистрали (технических и программных средств) на реализацию информационных баз;

q_{ki} – относительная значимость компонент информационной супермагистрали (технических средств) на реализацию информационных баз;

β_i – относительная значимость компонент информационной страты $\beta_i = \sum a_{ij} \cdot \alpha_j$;

$b_{ki} = \frac{H_{\gamma_{ki}}}{H_{\Sigma\gamma_{ki}}}$ – γ_k – относительные веса компонент информационной.

$\gamma_k = \sum b_{ki} \cdot \beta_i$. относительная значимость компонентов супермагистрали для реализации компонентов информационной страты;

Для реализация рассмотренных методов организации сложных экспертиз разработаны автоматизированные диалоговые процедуры, примеры которых рассматриваются, например, в [7].

Рассмотренные модели для исследования взаимосвязей между компонентами многоуроневого информационного комплекса (МИУК_ помогают решать проблемы управления проектами и программами развития МИУК, оценки нововведений разного рода, распределения финансовых, материальных и кадровых ресурсов. Однако их достаточно сложно реали-

зовать. Поэтому чаще на практике такие модели реализуются на основе разделения их на отдельные, более реализуемые проекты.

В частности, могут быть поставлены задачи и разработаны модели для каждого пользователя отдельно, для исследования взаимосвязей между компонентами двух уровней.

Например, была поставлена и исследована задача обоснования структуры информационной системы для обеспечения информационных потребностей студентов [3], задача обоснования состава информационных массивов для административного управления, т. е. пользователем является система административного управления организацией [5, 6].

Заключение

В статье показана полезность совместного использования методов организации сложных экспертиз для повышения объективности оценок. Показано, что в реальных условиях производственного предприятия вместо формирования экспертных групп, что требуется для реализации метода решающих матриц Г.С. Поспелова, но практически нереализуемо на предприятии, получать в соответствии с информационным подходом А.А. Денисова оценки от единичных экспертов и обобщать их с помощью соответствующего алгоритма, учитывающего в том числе достоинства метода решающих матриц – учет оценок вышестоящего уровня.

Применение информационных оценок, получаемых от единичных экспертов, особенно актуально в условиях внедрения новых технологий третьей и четвертой промышленных революций, не имеющих аналогов и предыстории развития.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Голуб Ю.А. Автоматизированные информационные системы в высшей школе: История и перспективы. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 112 с.

2. Волкова В.Н., Голуб Ю.А. Концепция многоуровневой информационной системы и ее реализация на примере вуза // Экономика, статистика, информатика: Вестник УМО, № 1–2, 2009. С .64–72.

3. Голуб Ю.А., Волкова В.Н. Информационно-поисковая система для обеспечения потребностей студентов // Вестник экономического научного общества студентов и аспирантов: Межвузовский студенческий научный журнал, № 22. – СПб.: Изд-во МБИ, 2009. – С. 104 –118.

4. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. / А.А. Денисов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 304 с.

5. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов [и др.] / под ред. В.Н. Волковой и В.Н. Козлова. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 449 с. – Серия: Бакалавр. яакадемический курс.

6. Моделирование систем и процессов. Практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата / под ред. В.Н. Волковаой. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 295 с. – Серия: Бакалавр. яакадемический курс.

УДК 303

Болсуновская Марина Владимировна,
канд. техн. наук, доцент,
Иванов Олег Иванович,
канд. техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА А.А. ДЕНИСОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМАХ

Россия. Санкт-Петербург.
Санкт-Петербурнский политехнический университет Петра Великого
marina.bolsunovskaia@spbpu.com
oliv748@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен подход к формированию многоуровневой модели для анализа обеспеченности населения услугами разного рода. Подход предложен в 2002 году в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук одного из авторов статьи [1 – 4] на основе дискретного варианта информационной теории А.А. Денисова [5. 6]. Приводится пример модели обеспеченности населения услугами в области здравоохранения. Обсуждаются перспективы применения подхода.

Ключевые слова: информационный подход, многоуровневая модель, потребность населения, ресурсы, услуги.

Marina V. Bolsunovskaya,
Cand. Tech. Sciences, Associate Professor,
Oleg. I. Ivanov,
Cand. Tech. Sciences, Associate Professor

APPLICATION OF INFORMATION APPROACH A.A. DENISOV FOR MODELING IN MULTILEVEL SYSTEMS

Russia. St. Petersburg,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
marina.bolsunovskaia@spbpu.com
oliv748@yandex.ru

Abstract. The article presents an approach to the formation of a multi-level model for analyzing the provision of the population with services of various kinds. The approach was proposed in 2002 in the thesis for the degree of candidate of technical sciences one of the authors of the article [1 – 4], based on the discrete version of the information's theory A.A.Denisov [5, 6].An example the modeling provision of services for public on health services is given health care industry is given. Discusses prospects for the application of the approach.

Keywords: informational approach, multilevel model, need of the population, resources, services.

Введение

При определении целесообразности создания, а также в процессе производственной деятельности предприятий и организаций необходим анализ состояния рынка товаров и услуг и потребности в них. В условиях неопределенности необходимо постоянно осуществлять мониторинг изменений на рынке, выявлять новых производителей товаров и услуг в интересующем секторе экономики, проводить оценку участия в выполнении работ по государственным и муниципальным контрактам, своевременно и обоснованно принимать решения о корректировке объемов товаров и услуг и их видов.

Целью настоящего исследования является создание моделей принятия решений при выборе видов товаров и услуг и сектора рынка для определенного вида товаров/услуг на основании анализа потребности в ресурсах соответствующего вида в пределах города, разделенного на районы.

1. Обоснование модели

Обобщенная модель, на основе которой предлагается разрабатывать формализованные модели для конкретных ситуаций, приведена на рис. 1. Методы реализации этапов модели – в последующих разделах

Рис. 1. Общая модель

Основным интегральным показателем является неудовлетворенная потребность в ресурсах, рассчитываемая на основе текущей обеспеченности населения, а также требований государственных и территориальных стандартов обеспеченности населения различными видами услуг.

Формальная информационная модель анализа потребности в услугах разработана на основе совместного использования различных методов системного анализа:

- методов структуризации, позволяющих разделить начальную неопределенность при выборе вида услуг на более обозримые части;

- методов исследования многоуровневых иерархических структур М. Месаровича [7], обеспечивающих возможность многоуровневого представления модели типа "слоев";

- информационного подхода А.А. Денисова [5, 6], позволяющего приводить разнородные критерии (количественные и качественные) к единым информационным единицам, что обеспечивает сопоставление этих критериев и получение оценок потребности в различных видах услуг, используемых для проведения сравнительного анализа. Применяется дискретный вариант его информационной теории.

Для анализа обеспеченности населения различными видами услуг (медицинскими, социальными, жилищно-коммунальными и др.) в предложенной информационной модели авторами были введены следующие ограничения: город разделен на m районов, в каждом s-ом районе города общей численностью населения n_s зарегистрировано m^i_{ps} учреждений различных форм собственности p, оказывающих услуги i-го вида категориям населения всех районов города, характеризующихся количеством должностей персонала J^i_{psl}, их распределением по районам и категориям населения.

Предложенная модель является обобщенной многоуровневой иерархической моделью для проведения углубленного многофакторного анализа рынка различных видов услуг.

Многоуровневое представление в виде "слоев", согласно методам исследования иерархических структур М. Месаровича [7], позволяет, как это показано на рис. 2, использовать модель на различных уровнях управления, где вышележащий уровень оказывает воздействие на нижележащий уровень в качестве ограничений, а выходная информация нижележащего уровня используется на следующем уровне как входная.

Обобщенная формула для вычисления H^{id}_{ks} имеет вид:

$$H^{id}_{ks} = \sum_{p=1}^{r} \sum_{l=1}^{m^i_{ps}} \frac{J^{id}_{pksl}}{n^d_k}, \qquad (1)$$

где J^{id}_{pksl} – количество должностей персонала в l-ом учреждении здравоохранения p-го вида собственности s-го района, оказывающих услуги i-го вида d-ой категории населения k-го района;

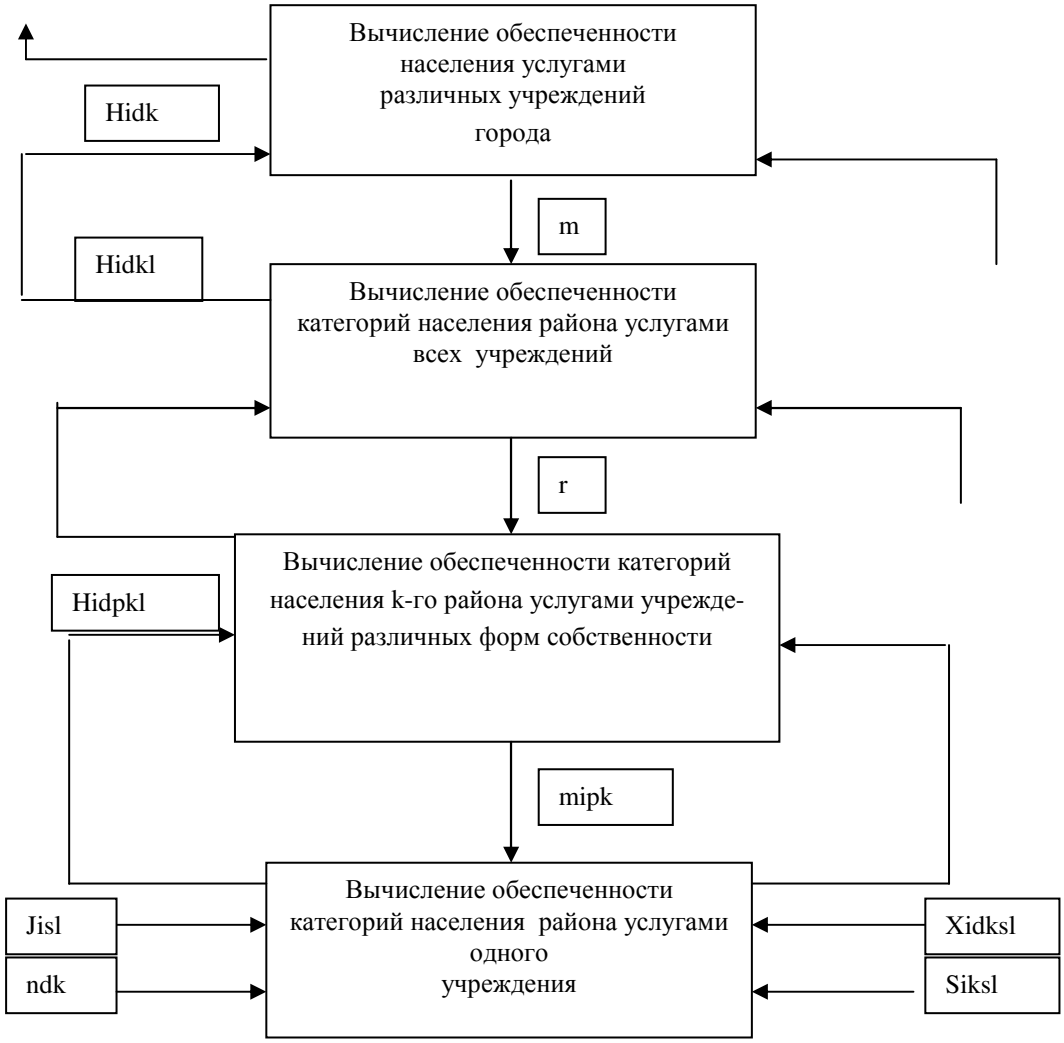


Рис. 1. Многоуровневая информационная модель (типа "слоев") анализа обеспеченности категорий населения различными видами услуг

Рассмотрим использование информационной модели на примере.

2. Модель обеспеченности населения услугами в области здравоохранения.

В модели (1) для примера обеспеченности населения услугами в области здравоохранения параметры интерпретируются следующим образом:

n^{d}_{k} – численность d-ой категории населения k-го района;

m^{i}_{ps} – число учреждений здравоохранения p-го вида собственности s-го района, оказывающих услуги i-го вида.

$$J^{id}_{pksl} = X^{id}_{pksl} * J^{i}_{pksl}, \quad (2)$$

где J^{i}_{pksl} – количество должностей персонала в l-ом учреждении здравоохранения p-го вида собственности s-го района, оказывающих услуги i-го вида населению k-го района;

X^{id}_{pksl} – коэффициент, показывающий распределение должностей персонала l-го учреждения здравоохранения p-го вида собственности s-го района, оказывающих услуги i-го вида населению k-го района, по категориям населения района.

$$J^{i}_{pksl} = S^{i}_{pksl} * J^{i}_{psl}, \quad (3)$$

С учетом формулы (3) формула (2) приобретает вид:

$$J^{id}_{pksl} = X^{id}_{pksl} * S^{i}_{pksl} * J^{i}_{psl} \quad (4)$$

Формула для расчета численности d-ой категории населения k-го района имеет вид:

$$n^{d}_{k} = n_{k} * K^{d}_{k}, \quad (5)$$

где n_k – численность населения k-го района;

K^{d}_{k} – коэффициент, показывающий какую долю от населения k-го района составляет d-ая категория.

Таким образом, формула (1) для вычисления обеспеченности d-ой категории населения k-го района медицинскими услугами i-го вида будет иметь вид:

$$H^{id}_{k} = \sum_{s=l}^{m} \sum_{p=1}^{r} \sum_{l=1}^{m^{i}_{ps}} \frac{X^{id}_{pksl} * S^{i}_{pksl} * J^{i}_{psl}}{n_{k} * K^{d}_{k}} \quad (6)$$

В описание формальной информационной модели включены характеристики входных, расчетных и выходных параметров. Множество входных параметров состоит из параметров, определяющих размерность массивов исходных данных: количества услуг (v); районов города (m); категорий населения (f); форм собственности (r) – и других входных параметров: количества учреждений здравоохранения различных форм собственности, распределенных по районам и видам услуг (m^{i}_{ps}, где i=1,…v; p=1,…r; s=1,…m), численности населения (n_k, где k=1,…m) и количества должностей персонала в учреждениях здравоохранения различных форм собственности, оказывающих услугу данного вида, распределенных по районам и видам услуг (J^{i}_{psl}, где i=1,…v; p=1,…r; s=1,…m; l=1,…m^{i}_{ps}).

Множество расчетных параметров состоит из трех массивов коэффициентов: массива коэффициентов, показывающих долю должностей персонала в l-ом учреждении здравоохранения p-ой формы собственности, зарегистрированном в s-ом районе, для оказания услуги i-го вида населению k-го района (S^{i}_{pksl}, где i=1,…v; p=1,…r; k=1,…m; s=1,…m; l=1,…m^{i}_{ps}), массива коэффициентов, показывающих распределение должностей персонала l-го учреждения здравоохранения p-ой формы собственности, зарегистрированного в s-ом районе, для оказания услуги i-го вида, по категориям населения k-го района (X^{id}_{pksl}, где i=1,…v; p=1,…r; k=1,…m; s=1,…m; l=1,…m^{i}_{ps}; d=1,…f) и массива коэффициентов, показывающих долю d-ой категории населения k-го района (K^{d}_{k}, где k=1,…m; d=1,…f).

Выходными параметрами информационной модели являются:

- распределение изменения собственной обеспеченности d-ой категории населения k-го района услугами i-го вида учреждениями здравоохранения различных форм собственности s-го района (H^{id}_{pksl}, где i=1,…v; p=1,…r; k=1,…m; s=1,…m; l=1,…m^{i}_{ps}; d=1,…f; s≠k):

$$H^{id}_{pksl} = \frac{X^{id}_{pksl} * S^{i}_{pksl} * J^{i}_{psl}}{n_k * K^{d}_{k}};$$

- распределение изменения собственной обеспеченности d-ой категории населения k-го района услугами i-го вида по учреждениям здравоохранения, зарегистрированным в s-ом районе (H^{id}_{ksl}, где i=1,…v; k=1,…m; s=1,…m; l=1,…m^{i}_{ps}; d=1,…f; s≠k):

$$H^{id}_{ksl} = \sum_{p=1}^{r} H^{id}_{pksl};$$

- изменение собственной обеспеченности d-ой категории населения k-го района услугами i-го вида, оказываемыми персоналом всех учреждений здравоохранения, зарегистрированных в s-ом районе (H^{id}_{ks}, где i=1,…v; k=1,…m; s=1,…m; d=1,…f; s≠k):

$$H^{id}_{ks} = \sum_{l=1}^{m^{i}_{s}} H^{id}_{ksl};$$

- распределение собственной обеспеченности d-ой категории населения k-го района услугами i-го вида различными учреждениями здра-

воохранения различных форм собственности, зарегистрированными в k-ом районе (H^{id}_{pkkl}, где i=1,…v; p=1,…r; k=1,…m; l=1,…m^{i}_{ps}; d=1,…f):

$$H^{id}_{pkkl} = \frac{X^{id}_{pkkl} * S^{i}_{pkkl} * J^{i}_{pkl}}{n_k * K^{d}_{k}};$$

- распределение собственной обеспеченности d -ой категории населения k-го района услугами i-го вида по различным учреждениям здравоохранения, зарегистрированным в k-ом районе (H^{id}_{kkl}, где i=1,…,v; k=1,…m; l=1,…m^{i}_{ps}; d=1,…f):

$$H^{id}_{kkl} = \sum_{p=1}^{r} H^{id}_{pkkl};$$

- собственная обеспеченность населения d-ой категории k-го района услугами i-го вида, оказываемыми персоналом всех учреждений здравоохранения k-го района (H^{id}_{kk}, где i=1,…v; k=1,…m; d=1,…f):

$$H^{id}_{kk} = \sum_{l=1}^{m^{i}_{k}} H^{id}_{kkl};$$

- суммарная обеспеченность d-ой категории населения k-го района услугами i-го вида (H^{id}_{k}, где i=1,…v; k=1,…,m; d=1,…,f):

$$H^{id}_{k} = \sum_{s=1}^{m} H^{id}_{ks}.$$

Заключение

Предложенная формальная информационная модель была использована для моделирования рынка медицинских и полиграфических услуг [2, 4], определения потребности в специалистах высшей школы, определения потребности и видов услуг в области электроэнергетики [8].

Направлением для дальнейшего развития предложенной модели является обеспечение возможности оценки удовлетворенности различных видов потребителей качеством оказываемых услуг. Данная модификация модели будет апробирована для объектов жизненно важной коммунальной инфраструктуры с целью оценки обеспеченности и удовлетворенности объемами реализации и качеством услуг питьевого водоснабжения различных категорий потребителей с учетом сезонности, что необходимо для обоснования целесообразности проектов по строительству и модернизации сетей питьевого водоснабжения в различных субъектах Российской Федерации.

Список литературы

1. Болсуновская М.В. Разработка и исследование моделей для автоматизации принятия решений в системах управления малыми предприятиями: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук по специальности 05.13.01 – Техническая кибернетика и теория информации. – СПб.:2002. – 16 с.
2. Болсуновская М.В. Использование информационного подхода для анализа рынка медицинских услуг в г. Санкт-Петербурге // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды Международной Научно-практической конференции. СПб: Изд-во СПбГТК, 1999. С. 71-72.
3. Болсуновский В.А., Болсуновская М.В. Информационные модели в многоуровневых системах // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. научных трудок XIV Междкнародной научно-практической конференции.. Часть 1.. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. С. 23-27.
4. Bolsunovskaya M.V., Denisov A.A., Volkova V.N. Application of the Information approach at modeling the market of medical cardiology services // 3-й Всемирный Конгресс Детской Кардиологии и Кардиохирургии: Труды Конгресса PCCS2001. Торонто, 2001. с. 52 .
5. Денисов А.А. Введение в информационный анализ систем. – Л.: ЛПИ, 1988. – 48 с.
6. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. СПб.: 3-е изд. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 304 с.
7. Месарович, Мако Д., Такахара И**.** Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
8. The Model 0f Energy Distribution / V.N. Volkova, V. N. Kozlov, A. A.Efremov, Y.V. Kozlov // IEEE Northwest Russia Conference on Mathematical Methods in Engineering and TTehnology (MMET NW 2018. P. 191-194. 978-1-5386-5824-6.18.$31.00 ©2018IEEE.

УДК 303.732.4

Тибилова Галина Саламовна,
кандидат экономических наук

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ СИСТЕМ А.А. ДЕНИСОВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургское государственное унитарное предприятие «Санкт-Петербургский информационно-аналитический центр»
tibilova.galina@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены методы и модели анализа информационных процессов, соответствующих государственным услугам, в ходе их автоматизации с учетом доступности и востребованности информационных массивов, а также ограниченности ресурсов. В качестве целевой функции поставленной задачи оптимизации использовалась мера А.А. Денисова «информационный потенциал».

Впервые эта иджея использована в кандидатской диссертации автора.

Ключевые слова: государственная услуга, информационный процесс, информационный массив, информационный потенциал, оптимизация, автоматизация.

Galina S. Tibilova,
Candidate of Economic Sciences

APPLICATION OF THE A.A. DENISOV'S INFORMATION APPROACH TO ANALYSIS OF SYSTEMS IN ENGTNEERINGE OF ELECTRONIC STATE SERVICES

Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State Unitary Enterprise "St. Petersburg Information and Analytical Center"
tibilova.galina@yandex.ru

Abstract. The article presents the methods and models for analyzing information processes corresponding to public services in the course of their automation, taking into account the availability and relevance of information files, as well as limited resources. As the objective function of the task of optimization, A.A. Denisov's measure “information potential” was used. This idea of which was originally proposed in the thesis for the degree of candidate of economic sciences by this article's author [7],

Keywords: public service, information process, information array, information potential, optimization, automation.

Введение

Информационное обеспечение систем, предназначенных для поддержки принятия решений, представляет собой, как правило, фиксированную структуру информационных массивов, соответствующую структуре функциональной части системы. Подобное информационное обеспечение подразумевает, что в информационной системе содержатся сведения, предоставляемые ЛПР. Однако на практике часто встречаются структурированные управленческие задачи, требующие информации, сбор, актуализация и хранение которой в рамках системы ЛПР представляется нецелесообразным, а в некоторых случаях – невозможным. Для обеспечения решения этих задач требуется информация из различных внешних по отношению к системе ЛПР источников, распределенных территориально и независимых как с юридической, так и с технической точки зрения. Данная информация, принадлежащая различным организациям, может храниться в информационных системах, никак не интегрированных друг с другом, или же вообще отсутствовать в электронном виде. Таким образом, для обеспечения процесса принятия решения информационная система ЛПР должна осуществлять обращения к внешним источникам информации за необходимыми сведениями в соответствии с определенным алгоритмом, который зависит от конкретного процесса принятия решения. После принятия решения, последовательность

получения информационных массивов из внешних источников, образованная при осуществлении данного алгоритма, перестает существовать как последовательность, преобразуясь в распределенную совокупность информационных массивов, не связанных между собой.

1. Задача предоставления государственных услуг

Примером управленческих задач такого рода является задача предоставления государственных услуг (например, выдача социальных пособий, регистрация прав собственности, актов гражданского состояния и т.д.). Каждая государственная услуга представляет собой процесс принятия управленческого решения на основании ряда документов, состав которых регламентирован законодательством. В рамках создания электронного правительства стояла задача реализовать сбор данных документов и передачу их ЛПР в электронном виде.

Начиная с 2007 года создавалась ИС, которая реализует получение ряда информационных массивов из независимых ведомств и ведомственных информационных систем в электронном виде (Межведомственная автоматизированная информационная система предоставления в Санкт-Петербурге государственных и муниципальных услуг в электронном виде, МАИС ЭГУ).

Разработка ИС, функционирующей в условиях распределенных информационных массивов, в особенности на начальных этапах создания, требовала разработки методов формализованного представления предметной области, а также методов и подходов, позволяющих обеспечить как качественное информационное наполнение системы, так и организацию процессов проектирования и разработки.

В указанных целях были разработаны методы и модели исследования информационных процессов принятия решений, позволяющих максимально автоматизировать их информационное обеспечение в условиях распределенных информационных массивов и ограниченности ресурсов на создание информационной системы.

2. Исследование информационных процессов

Исследование информационных процессов предполагало:

- выявление информационных массивов, необходимых для принятия решений, а также их источников;
- выбор вариантов информационного процесса, приоритетных и доступных для автоматизации.

Кроме того, исследование информационных процессов и их последующая автоматизация проводились при определенных ограничениях. Данные ограничения включали финансовые ограничения и ограничения по доступности тех или иных информационных массивов в электронном

виде, таким образом, информационный процесс, как правило, не мог быть автоматизирован полностью – только в составе одного или нескольких вариантов. При этом автоматизация информационных процессов должна была иметь социальный эффект, повышать удобство предоставления государственных услуг для заявителя, а также для ЛПР.

Важная особенность государственных услуг заключается в том, что анализ информации в процессе принятия решения является последовательным процессом – необходимость в одних информационных массивах зачастую определяется результатами анализа других.

Информационный процесс был представлен в виде ориентированного графа, вершина которого являются информационные массивы – как n–шаговая задача, при этом каждый шаг должен быть завершенным и независимым от других.

Однако для того, чтобы в рамках этого графа могли быть применены какие-либо формализованные методы и модели исследования, элементы данного графа (информационные массивы) должны обладать определенными количественными характеристиками.

Были выделены два основных класса характеристик информационного массива (рис. 1):

- характеристики потребности в информационном массиве;
- характеристики доступности информационного массива.

Вероятность востребования информационного массива идентична вероятности возникновения ситуации, в которой для принятия решения потребуется именно этот информационный массив.

Рис. 1. Характеристики информационных массивов

Это может означать, например, вероятность того, что заявитель, обратившийся за государственной услугой, будет принадлежать к той

или иной категории и, следовательно, должен предоставить те или иные документы. Вероятность востребования информационного массива оценивается на каждом шаге процесса принятия решения. При этом:

$$\sum_{i=1}^{m_j} p_{ij} = 1,$$

где m_j– количество информационных массивов на j–м шаге, i – порядковый номер массива на j–м шаге, p_{ij}– вероятность востребования i–го информационного массива на j–м шаге.

Вероятность востребования информационного массива может определяться статистически (например, на основе статистики предоставления той или иной государственной услуги, можно сделать вывод о том, какие категории заявителей, имеющих право на получение данной услуги, чаще всего за ней обращаются) и экспертно.

Для качественной оценки доступности информационных массивов использовалась шкала, включающая только два значения – 1 и 0, то есть источник в принципе доступен в существующих условиях, и источник в существующих условиях совершенно не доступен.

Для количественной оценки доступности использовалась ориентировочная стоимость проведения работ по автоматизации того или иного источника информации, а именно:

- разработки автоматизированного рабочего места, предоставляющего веб–интерфейс, позволяющий уполномоченным лицам той или иной организации отвечать на запросы системы информационного обеспечения, предоставляя соответствующие информационные массивы;
- разработки веб–сервиса по предоставлению необходимого информационного массива на стороне ИС организации, предоставляющей данный информационный массив, и веб–сервиса по приему данного информационного массива на стороне ИС информационного обеспечения в условиях распределенных информационных массивов;
- разработки веб–сервиса по приему информационного массива от ИС организации, предоставляющей данную информацию.

Для поискать оптимального для автоматизации варианта информационного процесса была использована мера А.А. Денисова «информационный потенциал».

На основе вероятности востребования информационного массива была рассчитана общая вероятность востребования того или иного варианта информационного процесса. Вероятность востребования варианта информационного процесса была рассчитана на основе вероятностей востребования информационных массивов, входящих в данный вариант, по формуле условной вероятности. Для того, чтоб учесть доступность и

востребованность информационных массивов одновременно, была поставлена задача динамического программирования, в целевом критерии которой учитывалась как вероятность востребования, так и доступность информационных массивов.

При постановке задачи динамического программирования, были принята следующие определения:

– система (S) – процесс принятия решений (государственная услуга);

– шаг (j, $j = \overline{1,n}$) – этап сбора сведений, необходимых для принятия решения. Так, например, для государственных услуг можно выделить следующие шаги (одинаковые для всех услуг):

– идентификация заявителя;

– идентификация объекта заявления;

– подтверждение категории заявителя;

– дополнительные условия предоставления гос/ услуги.

Количество условий может различаться для различных услуг, однако если данный шаг есть в услуге, значит, он есть для всех ее вариантов.

– состояние системы (X_j^i) – информационный массив (документ) *i*, необходимый для того или иного варианта услуги на *j*–м шаге.

Каждый информационный массив (состояние системы) характеризуется двумя параметрами:

– теоретическая доступность *i*–го информационного массива (документа) в электронном виде ($q(i_j)$), оцененная экспертно. При этом, $q(i_j) = \{1;0\}$. Эксперт должен оценить только является ли информационный массив доступным в электронном виде в существующих условиях (то есть, реализуемо ли его получение в электронном виде) или же нет;

– вероятность востребования информационного массива (документа) *i* на шаге *j* – $p_j(i_j)$;

– управление *(u)* – выбор того или иного информационного массива *i* на том или ином шаге *j*.

Задача выбора приоритетного варианта информационного процесса удовлетворяла следующим основным требованиям, предъявляемым к задачам динамического программирования:

– допускает интерпретацию как *n*–шаговый процесс принятия решений;

– выбор управления x_k на *k*–ом шаге определяется только состоянием системы S_{k-1} на предыдущем шаге и не зависит от состояния системы на более ранних этапах управления.

Однако существует еще одно важное условие применения метода динамического программирования, а именно аддитивность целевой

функции. В качестве целевой функции при определении оптимального варианта информационного процесса был использован информационный потенциал варианта информационного процесса, рассчитываемый по критерию А.А. Денисова. Информационный потенциал того или иного варианта процесса определяется как:

$$H^{B}(i) = -\sum_{j=1}^{n} q(i_j)\log_2(1 - p_j(i_j)),\ i_j \in I(j), \qquad (1)$$

где n – общее количество шагов в информационном процессе, j – порядковый номер конкретного шага, i_j – порядковый номер конкретного информационного массива, который выбирается на конкретном шаге j, при этом данный номер принадлежит к множеству номеров информационных массивов $I(j)$, которые могут потребоваться на данном шаге, $q(i_j)$ – теоретическая доступность i–го массива на j–м шаге, оцененная экспертно, при этом $q(i_j) = \{1;0\}$, а $p_j(i_i)$ – вероятность востребования информационного массива i на конкретном шаге j (нормированная относительно 1 на каждом шаге).

Таким образом, данный критерий позволяет учесть оба параметра, которыми характеризуется система. При расчете этого критерия для информационных массивов, для которых $q = 0$, то есть массив в принципе недоступен, значение критерия будет равно 0.

При этом данный критерий является аддитивным, то есть информационные потенциалы отдельных массивов можно суммировать на протяжении всего процесса и выбирать наилучший вариант на основании наибольшей суммы.

Таким образом, пусть имеется государственная услуга S, включающая n шагов. На каждом шаге для принятия решения должен быть представлен тот или иной документ (информационный массив), при этом общее количество документов, из которых осуществляется выбор на каждом шаге, равно m_j, где j – порядковый номер шага. Необходимо выбрать такой вариант предоставления государственной услуги, то есть перехода из $X^1 \in \tilde{X}^1$, где $\tilde{X}^1$ – множество информационных массивов (документов), которые могут быть выбраны на первом шаге, в $X^n \in \tilde{X}^n$, где $\tilde{X}^n$ – множество информационных массивов (документов), которые могут быть выбраны на последнем шаге n, чтобы суммарный информационный потенциал всех выбранных информационных массивов на всех шагах (то есть информационный потенциал варианта предоставления услуги) был максимальным.

В качестве метода решения поставленной задачи использовался метод функциональных уравнений, решение задачи с последнего шага *n* путем нахождения условно оптимальных управлений на каждом шаге.

Помимо оптимального варианта информационного массива, в информационном процессе существовали и другие варианты. При этом минимальное отличие оптимального варианта от остальных составляло один информационный массив. Если ресурсы, оставшиеся после автоматизации оптимального варианта информационного процесса, позволяют автоматизировать получение хотя бы одного дополнительного информационного массива на любом из шагов, то данная автоматизация сделает доступным в электронном виде еще один вариант информационного процесса. Необходимо было осуществить расчет стоимость автоматизации оптимального варианта информационного процесса, а затем оценить возможности по автоматизации отдельных информационных массивов, которые позволили бы сделать доступными в электронном виде и другие варианты информационного процесса.

Целевая функция задачи оптимизации – информационный потенциал варианта информационного процесса, – должна рассчитываться для всего варианта, в то время как стоимость автоматизации рассчитывается как сумма стоимости автоматизации отдельных информационных массивов. Иными словами, стоимость совокупности (пакета) вариантов информационного процесса определяется суммой стоимостей входящих в него информационных массивов независимо от того, в какие варианты и сколько раз они входят, в то время как информационный потенциал пакета вариантов информационного процесса определяется суммой информационных потенциалов входящих в него полных вариантов.

Таким образом, информационный потенциал пакета вариантов информационного процесса, который формируется путем добавления к оптимальному варианту отдельных информационных массивов, рассчитывается по формуле:

$$H_{пакет}(i) = \sum_{k=1}^{K} H_k^B(i) \qquad (2)$$

где *K*– общее количество вариантов информационного массива, входящих в пакет, $H_{пакет}(i)$ – информационный потенциал пакета вариантов информационного процесса, $H_k^B(i)$ – информационный потенциал отдельных вариантов, входящих в пакет.

Задача добавления дополнительных информационных массивов к найденному оптимальному варианту представляет собой максимизацию суммарного информационного потенциала пакета вариантов $H_{пакет}(i)$ с

учетом финансовых ограничений на автоматизацию источников отдельных информационных массивов.

Для решения поставленной задачи был использован метод ветвей и границ со следующими обозначениями:

С – общая сумма, выделенная на автоматизацию информационного процесса;

C_i – стоимость автоматизации источника *i*–го информационного массива;

C_k^B – стоимость *k*–го варианта информационного процесса;

$H_k^B(i)$ – информационный потенциал *k*–го варианта информационного процесса.

Алгоритм метода ветвей и границ применительно к данной задачи является следующим:

1) корень дерева помещается оптимальный вариант информационного процесса; рассчитываются стоимость его автоматизации:

$$C_k^B = \sum_{i=1}^{n} c_i, \quad i \in I(k), \tag{3}$$

где *I*(*k*)– множество номеров информационных массивов, входящих в *k*–ый вариант информационного процесса;

2) на следующем шаге к наиболее востребованному варианту добавляется один информационный массив. При добавлении каждого информационного массива, с учетом уже принятых в расчет массивов, становится доступен очередной вариант процесса.

Однако автоматизация каждого дополнительного информационного массива требует финансовых затрат, поэтому остаток по денежным средствам необходимо пересчитать, вычтя из него затраты на автоматизацию источника того или иного дополнительного массива.

Расчеты заканчиваются, и ветвь обрывается, когда остатков денежных средств оказывается недостаточно, чтобы можно было добавить хотя бы один дополнительный массив. Когда все подобные варианты обнаружены, необходимо выбрать то сочетание информационных массивов, которое дает в конечном итоге пакет вариантов информационного процесса, обладающий наибольшим информационным потенциалом ($H_{пакет}(i) \to \max$).

Таким образом, был разработан следующий алгоритм исследования информационного процесса (рис. 2.):

Рис. 2. Алгоритм исследования информационных процессов

Список литератцры

1. Волкова В.Н., Денисов А.А., Темников Ф.Е. Методы формализованного представления систем: учебное пособие. – СПб.: СПбГТУ, 1993. – 107 с.

2. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа / Волкова В.Н., Денисов А. А. – СПб.: Издательство Политехн. ун–та, 2005. – 520 с.

3. Денисов А.А. Введение в информационный анализ систем: текст лекций. – Л.: ЛПИ, 1988. – 52 с.

4. Денисов А.А. Информационные основы управления. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 72 с.

5. Денисов А.А. Информация в системах управления: учебное пособие. – Л.: ЛПИ, 1980. – 67 с.
6. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа. – СПб.: Издательство Политехн. ун–та, 2005. – 295 с.
7. Тибилова Г.С. Методы и модели исследования информационных процессов при принятии решений в территориальном управлении% Автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук . СПб., 2010. 16 с.

УДК 65.012.122; 65.014.12

Амиров Андрей Агитович,
студент

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОЦЕНОК А.А. ДЕНИСОВА ПРИ АНАЛИЗЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Россия, г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, andrei-amirov1@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрен подход к анализу факторов, влияющих на функционирование и развитие организации, основанный на применении информационных оценок А.А. Денисова с учетом кинематики и динамики.

Ключевые слова: информационные оценки, системный анализ, цели, управление, факторы, функции.

Andrej A. Amirov,
Student

APPLICATION OF INFORMATION ASSESSMENTS OF A. A. DENISOV FOR ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE OPERATION AND DEVELOPMENT OF THE ORGANIZATION

Russia, St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, andrei-amirov1@yandex.ru

Abstract. On this article is the approach to the analysis of factors fluencing the functioning and development of an organization, based on the use of information assessments by A.A. Denisov, taking into account the kinematics and dynamicsIn.

Keywords: informational assessments, system analysis, goals, management, factors, functions.

Введение

На формирование и развитие любой организации, предприятия влияют различные факторы внешней и внутренней организационной среды.

Чтобы провести всесторонний анализа факторов, оказывающих влияние на деятельность любой организации рационально применять

закономерность коммуникативности систем. Из этой закономерности следует необходимость учета пространства инициирования факторов и целей организации.

Выделяются 4 составляющие сложной среды (рис. 1):

• *надсистема*, определяющая требования к организации, ограничивающая ее деятельность и потребляющая результаты этой деятельности;

• *подведомственные системы*, обеспечивающие деятельность рассматриваемой организации материальными, кадровыми, информационными и иными ресурсами;

• системы, находящиеся в равноправных отношениях с исследуемой организацией, – *актуальная* или с*ущественная среда*, в которой можно выделить *дружественную*, *конкурентную* и *безразличную*;

• собственно система, существующая в самоорганизующихся системах в форме инициатив действующих элементов или же формируемых ими помех [1].

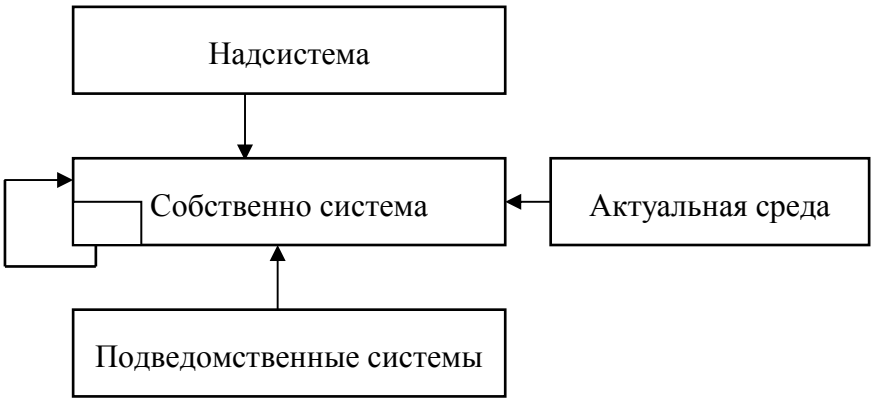


Рис. 1. Пространство инициирования факторов

1. Подход к анализу факторов, основанный на применении информационных оценок А.А. Денисова

При анализе факторов применяется Автоматизирована диалоговая процедура анализа факторов (АДПАФ), которая обеспечивает повторяемость процесса раскрытия факторов и накопления мнений различных экспертов, что дает возможность их опрашивать и, собирая результаты опросов воедино, накапливать более полный список факторов, являющийся основой для дальнейшего их анализа [2]/

Расширить полноту выявления факторов можно, использовав информационный подход, помогающий учитывать кинематику и динамику развития факторов.

Для уточнения факторов предлагается применить модель, полученная на основе информационного подхода А.А. Денисова. Эта модель позволяет учесть кинематику и динамику развития факторов [2].

Суть каждого понятия информативной модели является как ряд функций (1), определяющих перемены начальной сущности данного понятия

$$H = f(H_n, H_\tau, H_L), \tag{1}$$

где H_n - начальная сущность фактора. H_n обратно соразмерна количеству памяти об этом факторе (2), исходя из главного закона классической логики, т. е.

$$H_n = \frac{J}{n}, \tag{2}$$

где J – информация о факторе; H_τ – сущность процесса развития определения о факторе (3). H_τ обратно соразмерна приращению n со временем $\frac{dn}{dt} = \frac{1}{\tau}$, т. е:

$$H_\tau = \tau \frac{dJ}{dt}, \tag{3}$$

где $\frac{dJ}{dt}$ – приращение информации со временем; $n = const$ – информационное сопротивление, описывающая рассматриваемый фактор или систему в момент ее формирования; H_L – сущность изменения развития определения о факторе (4), соразмерна приращению изменения объема $\frac{d^2n}{dt^2} = \frac{1}{L}$, в том числе:

$$H_L = L \frac{d^2J}{dt^2}. \tag{4}$$

где $\frac{dJ}{dt}$ – это приращение изменения информации со временем (т. е. форсирование изменения J); L – негибкость (ригидность), стабильность воздействия фактора. Таким образом, обобщив все полученные формулы, получаем:

$$H = f\left(\frac{J}{n}, \tau\frac{dJ}{dt}, L\frac{d^2J}{dt^2}\right). \tag{5}$$

Рассмотренные факторы могут влиять друг на друга. Этот факт также можно отразить в анализе факторов, введя соответствующие переменные (характеристиками) n_{ij}, τ_{ij}, L_{ij}, которые характеризуют степень влияние i-го фактора на j-й.

2. Пример факторов, влияющих на управление районом города

Примеры факторов, влияющих на управление Калининским районом Санкт-Петербурга, приведены на рис. 2.

Рис. 2. Структупв анализа факторов на примере управления районом

Формулировки факторов, а именно их примеры, полученные с использованием предлагаемого подхода, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Формулировки факторов

H_n	$H_т$	H_L
Социально-экономические (СЭ) положения и тенденций СЭ развития Калининского района	Возможность анализировать СЭ положения и тенденций СЭ развития Калининского района	Необходимость расширения анализа СЭ положения и тенденций СЭ развития Калининского района
Уровень заработной платы населения, занятого в промышленности и малом бизнесе	Изменение объема заработное платы населения (увеличение)	Скорость изменения заработной платы населения, занятого в промышленности и малом бизнесе
Качество предоставляемых услуг в области содействия занятости населения (СЗН)	Необходимость в изменение качества предоставляемых услуг в области СЗН	Необходимость ускорение в изменение качества предоставляемых услуг в области СЗН
Целевой и эффективный расход средств бюджета (РСБ), реализация мероприятий по экономии бюджетных средств	Возможность обеспечения целевого и эффективного РСБ	Возможность расширения обеспечения эффективного РСБ
Условия для получения качественного образования и социализации детей с ограниченными возможностями здоровья, а также одаренных детей	Необходимость создания условия для получения качественного образования	Необходимость ускорения создания условия для получения качественного образования
Районная система оценки качества образования	Возможность развития районной системы оценки качества образования	Необходимость ускорения развития районной системы оценки качества образования
Инфраструктура сферы культуры Калининского района Санкт-Петербурга	Возможность развития и модернизации инфраструктуры сферы культуры Калининского района Санкт-Петербурга	Возможность расширения инфраструктуры сферы культуры Калининского района Санкт-Петербурга

В этой таблице представлены 3 столбца с сущностями того или иного фактора на примере системы управления Калининским районом Санкт-Петербурга.

Заключение

Таким образом, рассмотренный подход к анализу факторов, влияющих на функционирование и развитие организации, основанный на применении информационных оценок А.А. Денисова, позволяет проводить анализ факторов с учетом с учетом кинематики и динамики их развития.

Список литературы:

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. – М: Изд-во Юрайт, 2015.

2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз. / учеб. пособие - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.

3. Амиров А. А., Волкова В. Н. Модели для выбора направлений развития системы управления районной администрации (на примере администрации Калининского района). Информатика и кибернетика: сборник докладов студенческой научной конференции Института компьютерных наук и технологий. 3–8 апреля 2017 года. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. - 535 с.

4. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / под ред. В.Н. Волковой и В.Н. Козлова. — М.: Изд-во Юрайт, 2015.

УДК 303

Татарова Анна Владимировна,
канд. экон. наук,
Татаров Сергей Владимирович
преподаватель

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОД А А.А. ДЕНИСОВА

г. Таганрог, Россия. Южный федеральный университет
annata2911@mail.ru, sergey-vt11@mail.ru

Аннотация. Проводится краткий анализ достоинств и недостатков существующих моделей развития социально-экономических систем и предлагаются динамические модели, основанные на применении информационного подхода к анализу систем А.А. Денисова. Характеризуются преимущества информационного моделирования.

Ключевые слова: информационный подход, информационное моделирование, модели развития, системный анализ, социально-экономическая система, экономическая система, экономическая теория.

Anna V. Tatarova,
Cand. econ sciences,
Sergei V. Tatarov,
Teacher, MIIT department of IUES ITA

MODELING DEVELOPMENT PROCESSES SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS WITH THE USE OF INFORMATION APPROACH OF A.A. DENISOV

Taganrog, Russia. "Southern Federal University"
annata2911@mail.ru, sergey-vt11@mail.ru

Abstract. Publication is devoted to analysis advantage and lack existence models of development social-economical systems and presentation dynamic modeling of economical

systems, based on informational approach for system analysis A. A. Denisov. Presentation characteristic superiority informational modeling.

Keywords: Informational approach, Informational modeling, Models of development, System analysis, Social-economical system, Economical theory

Введение.

Проблема экономического роста является самой важной как с позиции экономической теории, так и с позиции теории менеджмента, поскольку именно менеджмент за счет организационно – функциональных регуляторов должен обеспечить достижение поставленной перед социально-экономической системой целей.

При этом исходя из различных концепций экономического роста, а также сопряженности стадии экономического роста конкретного экономического объекта и стадии развития системы национальной/региональной экономики в целом целесообразно говорить о настойке бизнес –процессов конкретной фирмы в соответствии с требованиями внешней и внутренней среды предприятия, как экономического агента, подвергающегося влиянию как извне, так и изнутри.

1. Анализ существующих моделей

В классике экономической теории выделяют многофакторные и двухфакторные модели развития социально-экономических систем.

Многофакторная модель (неоклассическое направление экономической теории) предполагает воздействие на рост всех факторов экономического роста. При этом утверждается, что каждый фактор производства «обеспечивает» соответствующую долю производимого продукта; стоимость продукции создается производственными факторами; экономика обладает необходимыми предпосылками для автоматического восстановления равновесия в процессе свободной конкуренции.

Двухфакторная модель включает в себя только труд и капитал. По данным американского экономиста Эдварда Денисона, 2/3 прироста продукта осуществляется за счет увеличения трудозатрат (труда). Двухфакторная модель исследуется сторонниками неокейнсианского направления. Ее исходными условиями объявляются связь экономического роста с процессами накопления и наличие равенства между сбережениями и инвестициями.

Возможны два варианта построения двухфакторной модели: с учетом и без учета НТП. Если НТП отсутствует, то постепенно накопление капитала приведет к снижению конечной продуктивности и к замедлению экономического роста. В современном понимании НТП представляет собой инновации, в том числе технологические, доведенные до стадии внедрения в производственный процесс/деятельность организации. В условиях использования таких инноваций капитал и труд становятся бо-

лее продуктивными, а сами по себе инновации способствуют росту инвестиций, которые в зависимости от «точки» приложения и изменения пропорций между трудом и капиталом классифицируются как трудосберегающие, так и капиталосберегающие, либо нейтральные (при равной изменении объемов труда и капитала).

В настоящее время в западных странах получила распространение концепция «экономического развития без роста». Это определяется тем что, с одной стороны, на основе НТП уже достигнут высокий уровень подушевого производства, а с другой значительно уменьшились темпы роста населения и усилились издержки экономического роста. Выход из создавшегося положения был предложен немецким экономистом фон Освальдом Нелль-Бройнингом. Согласно этого подхода вместо товаров следует производить значительно больше услуг, объем которых может быть увеличен без существенных дополнительных затрат основных средств; также отмечается целесообразность ограничения темпов экономического роста технологически развитых стран, с учетом экологических проблем и необходимости обеспечения развития (экономического роста) стран третьего мира.

Особо следует отметить направления исследований, посвященных моделям экономического роста для стран с транзитивной экономикой, основными из которых являются:

- финансовая стабилизация;

- структурно-производственная стабилизации за счет соответствующих структурных сдвигов в производстве и экспорте продукции.

Таким образом, любая модели экономического роста независимо от базовых предпосылок ее формирования, представляет собой абстрактное, упрощенное выражение реального экономического процесса в форме уравнений или графиков. При этом упрощения и допущений, предусмотренные исходным подходом уже изначально формирует вероятность неточности результатов моделирования от реальных процессов, хотя и позволяют анализировать тенденции и определять закономерности экономический рост социально-экономической системы.

Большинство моделей роста исходит из того, что увеличение реального объема выпуска происходит прежде всего под влиянием роста основных факторов производства – труда (L) и капитала (K). Фактор "труд" обычно слабо поддаётся воздействию извне, тогда как величина капитала может быть скорректирована определенной инвестиционной политикой. При этом обеспечение экономический роста становится основой повышения благосостояния населения, что позволяет производить качественную оценку роста посредством оценки динамики потребления. выбытия (амортизации) и увеличивается за счет роста чистых инвестиций.

Кейнсианские модели роста используют в качестве стратегической переменной, с помощью которой можно управлять экономическим ростом, инвестиции.

Наиболее простой кейнсианской моделью роста является модель Е. Домара, предложенная в конце 40-х годов. Технология производства представлена в ней производственной функцией В. Леонтьева с постоянной предельной производительностью капитала (при условии, что труд не является дефицитным ресурсом). Модель Домара исходит из того, что на рынке труда существует избыточное предложение, что обусловливает постоянство уровня цен. Выбытие капитала отсутствует, отношение K-Y и норма сбережений – постоянны. Выпуск зависит фактически от одного ресурса – капитала.

Прирост капитала АК обеспечивается соответствующим объемом инвестиций I. Равновесный экономический рост будет достигнут при условии равенства темпа прироста инвестиций произведению предельной производительности капитала и предельной склонности к сбережению.

Таким образом, согласно теории Е. Домара, существует равновесный темп прироста реального дохода в экономике, при котором полностью используются имеющиеся производственные мощности. Он прямо пропорционален норме сбережений и предельной производительности капитала, или приростной капиталоотдаче. Инвестиции и доход растут с одинаковым постоянным во времени темпом. Такое динамическое равновесие может оказаться неустойчивым, как только темп роста плановых инвестиций частного сектора отклоняется от уровня, заданного моделью.

Сама по себе модель Е. Домара достаточно полно описывает процесс обеспечения экономического роста при условии отсутствия структурных изменений на рынке труда, и именно это, особенно в условиях повышения значимости человеческого фактора для развития социально - экономической системы создает определенные ограничение возможности ее применения.

Одной из наиболее интересных является модель экономического роста Роберта Солоу (Solow’s growth model)), в которой, при некоторых упрощающих условиях, формулируется разностное уравнение, задающее равновесную траекторию роста при полной занятости. Модель позволяет рассчитать темп прироста занятости, при котором достигается устойчивое равновесие. Как и в модели Харрода – Домара здесь используется линейно однородная производственная функция $Y = F(K, L)$, где Y – национальный доход; K – капитал; L – труд.

Причем в отличие от модели Харрода – Домара в модели Солоу допускается взаимное замещение капитала и труда.

Достоинством данной модели является учет такого фактора как убывание предельной производительности, а также оценка влияния динамики трудовых ресурсов и технического прогресса. С точки зрения поиска причин экономического роста (выявления точки роста) интерес представляет тот факт, что, анализируя модель, Солоу обнаружил, что сами по себе сбережения и инвестиции не играют решающей роли в определении темпов роста: по данным США, оказалось, что почти 4/5 роста объясняются фактором научно-технического прогресса.

Модель экономического роста Р. Солоу в рамках выделенных ключевых факторов позволяет оценивать разные варианты экономической политики государства, ее влияние на уровень жизни, прогнозировать, какая часть произведенного продукта должна потребляться сегодня, а какая его часть должна сберегаться для увеличения потребления в будущем. Поскольку сбережения равны инвестициям, то именно они определяют объём капитала, которым экономика будет располагать в будущем.

В модели учтено, как рост запасов капитала, рабочей силы и улучшение технологии воздействуют на объём производства, а следовательно, на темпы экономического роста национального дохода во времени, без оценки структурных факторов капитала и инвестиции, труда, восприимчивости существующей системы экономики к инновациям, что в существующей системе отношений и формирования законов развития социально-экономических систем, прежде всего, неизбежности кризисов, следующим за этапами подъема, является явно недостаточным по следующим причинам:

- инвестиции следует рассматривать как в краткосрочном, так и долгосрочном периоде с точки зрения времени получения отдачи на вложенный капитал, а также оценки социально-экономических последствий;

- рост народонаселения является фактором уменьшения капитализации, капиталоемкости, капиталовооруженности на душу населения только в краткосрочном аспекте, поскольку как и среднесрочном, так и долгосрочном периоде именно этот фактор приводит к росту такого важного аспекта, как количество носителей ноу-хау (без чего технический прогресс в принципе невозможен), а следовательно и развитие НТП;

- сам по себе НТП рассматривается без привязки к восприимчивости социально-экономической системы государства (или совокупности государств) к инновациям;

- не учтен временной аспект принятия управляющего воздействия (как положительный, так и отрицательный) социально-экономической системы, а именно этот параметр в условиях высокого уровня нестабиль-

ности (что характерно сейчас для социально-экономических систем ЛЮБОГО уровня) является основным при принятии управленческих решений;

- кризис социально-экономической системы данной концепцией не предусмотрен в принципе, хотя любая модель экономики имеет свой потенциал развития и по мере его достижения наступает кризис, проявляющийся в несоответствии возможностей социально-экономической системы требованиям среды развития этой системы, в том числе и внутренней.

Анализ существующих моделей экономического роста позволяет говорить об ограниченности их применения в силу отсутствия организационно-функциональной составляющей и закономерностями изменения как структуры ресурсов, так и структуры потребления.

Все это обуславливает необходимость поиска новых подходов к моделированию процессов развития социально-экономических систем.

2. Модель, основанная на информационном подходе к анализу систем А.А. Денисова

С точки зрения создания комплексной модели представляет интерес концепция А.А. Денисова [4], построенная на принципах информационного и диалектического подхода, позволяющая выделить системную и взаимную суть производства и потребления и рассматривать их в тесной взаимосвязи.

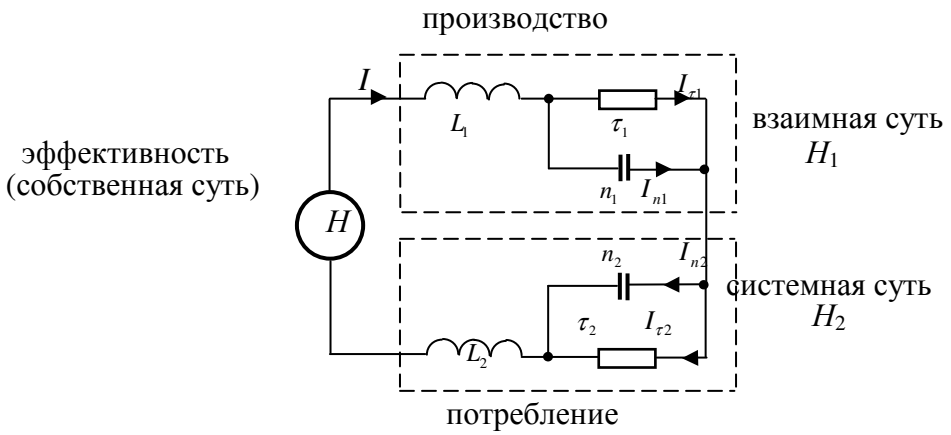


Рис. 1. Информационная модель социально-экономической системы

Потребление демонстрирует системную суть экономики, т.е. финальную ценность товаров для потребителя за вычетом затрат на производство (меновой стоимости). Другими словами, если вещь досталась даром (например, как выигрыш), то ее потребительная стоимость H_2 практически совпадает с эффективностью H всей экономики. Если же она куплена на рынке, то ее потребительская

стоимость H_2 меньше ее собственной ценности H на величину меновой стоимости H_1 (взаимной сути).

Таким образом, полезность H (собственная суть) вещи определяется априорной степенью ρ_0 удовлетворения потребностей; производственные затраты диктуют взаимную суть товара, его меновую стоимость H_1, проистекающую из взаимной степени ρ_1 удовлетворения потребностей, а потребительная стоимость H_2 товара определяется апостериорной (реальной) степенью ρ_2 удовлетворения потребностей и образует системную суть товара.

В результате

$$H = H_1 + H_2 \qquad (1)$$

или

$$\rho_0 = \rho_1 + \rho_2 - \rho_1\rho_2, \qquad (2)$$

где $\rho_1 \le \rho_0$, $\rho_2 \le \rho_0$.

Эта система всегда устойчива, т.е. все возникшие в ней случайные кратковременные возмущения оборота раньше или позже затухают, хотя и могут сопровождаться значительными выбросами, как в сторону роста, так и падения *I*, сопровождаясь замысловатыми нагромождениями разночастотных колебаний.

На самом деле меновая стоимость H_1 слагается из себестоимости $H_1^{'}$ и прибавочной стоимости $H_1^{''}$. Себестоимость составляют производственные затраты, а прибавочная стоимость есть следствие конъюнктурной рыночной надбавки, так что $H_1 = H_1^{'} + H_1^{''}$.

Точно также $H_2 = H_2^{'} + H_2^{''}$, т.е. потребительная стоимость слагается из торговой наценки (цена доставки и обслуживания) $H_2^{'}$ и все той же себестоимости $H_2^{''} = H_1^{'}$.

Понятно что, выступая в роли покупателя субъект в среднем готов заплатить лишь столько, сколько он получил в качестве производителя, ибо одни и те же люди сначала зарабатывают на производстве, а затем тратят этот заработок при потреблении, так что $H_1 = H_2 = H/2$ в установившемся режиме. Это значит, что $\tau_1 = \tau_2 = \tau$, ибо, если среднее нормированное время производства не равно среднему нормированному времени потребления, то возникнет либо перепроизводство товаров, либо их дефицит. Поэтому в установившемся режиме, т.е. в период стабильности экономика должна быть сбалансирована.

Однако в переходных режимах, когда ощутимо проявляют себя емкости и ригидность, отнюдь не обязанные быть одинаковыми в системах производства и потребления, $H_1 \ne H_2$, что дает кратковременные преимущества, то производителям 1, то потребителям 2.

Кроме того, анализ существующих моделей экономического роста позволяет говорить об ограниченности их применения в силу отсутствия организационно-функциональной составляющей и закономерностями изменения как структуры ресурсов, так и структуры потребления.

С этой позиции информационный подход А.А. Денисова, основанный на принципах системной концепции, для условий современной экономики в условиях глобализации представляется более приемлемым. Несомненным достоинством модели является акцент на закономерностях товарно-денежного обращения национальной экономики, состыкованной с аналогичной схемой мировой экономики. Тогда достаточно нарисовать рядом две эти аналогичные схемы и соединить их экспортно-импортными и трансфертными (транспорт и конвертация денег) связями, и получится модель товаро-денежного обращения открытой макроэкономической системы (рис. 2) [4].

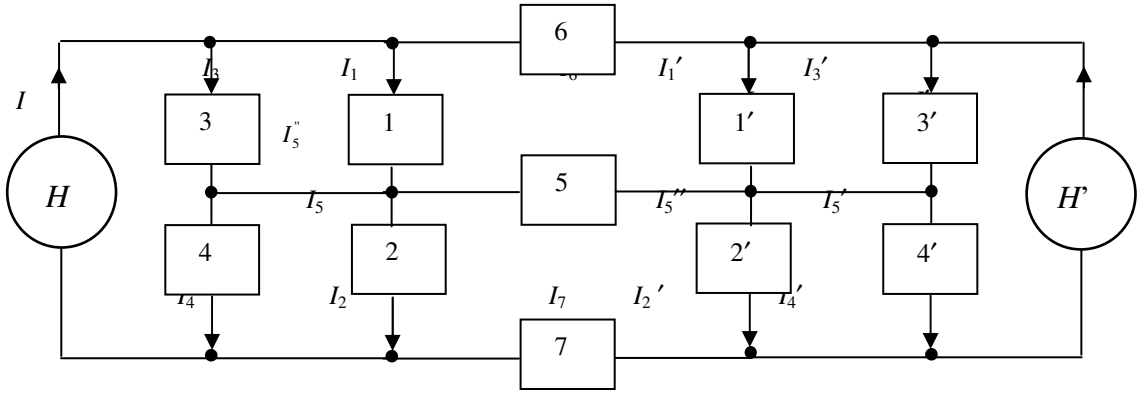


Рис. 2 Модель товарно-денежного обращения открытой макроэкономической системы

На этом рисунке слева – национальная экономика, в которой все составляющие обращения I_k и все стоимости H_k используются без верхних индексов, а справа – мировая экономика, в которой все аналогичные обозначения имеют верхний штриховой индекс. Самостоятельные обозначения имеют стыковочные узлы – таможня 6 и 7 и трансфертный узел 5, осуществляющий трансграничный переток денежных средств. Что касается таможни, то она контролирует ввоз-вывоз товаров с целью продажи 6, а также ввоз-вывоз товаров с целью потребления 7. Там же контролируется трансграничная миграция трудовых ресурсов.

Направления оборота на таможне и в трансфертном узле не указаны, поскольку они зависят как от соотношения эффективностей национальной H и мировой H' экономик, так и от соотношения прочих стоимостей, фигурирующих на схеме рис. 2.

Эта схема является исчерпывающей во всех отношениях, а все процессы в ней описываются двойной системой уравнений, т.е. со штрихами и без таковых, с добавлением трансграничного оборота:

$$I + I_3 + I_1 + I_6, \quad I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5,$$
$$I = I_2 + I_4 + I_7. \tag{3}$$

чему соответствует

$$I(s) = \frac{[H(s)(k_1 + k_3 + k_6) - (H'(s)k_6](k_2 + k_4)}{k_1 + k_2 + k_3 + k_4} \tag{4}$$

где для простоты принято $k_6(k_2 + k_3) = k_7(k_1 + k_4)$.

Компьютерная модель становится единственно реальной, когда речь заходит об изучении динамических процессов и переходных режимов, вызванных любого рода внутренними и внешними возмущениями. В качестве таковых могут выступать игры на биржах, связанные с массированной закупкой или продажей акций, разного рода дефолты, банкротства крупнейших монополий, военные конфликты и даже внедрение новых технологий.

Чтобы учесть все обстоятельства, необходимо все уравнения, содержащие ригидности L_i, дополнить слагаемыми $M_{ik} dI_k / dt$, где M_{ik} – взаимная ригидность всех пар различных токов, которые всегда в той или иной степени, характеризуемой M_{ik}, взаимодействуют друг с другом.

Взаимодействие мировой и национальной экономик, если последняя на порядок слабее, сводится к одностороннему диктату мировой экономики, поскольку $H' >> H$. Если же национальная экономика сильнее остальной мировой, т. е $H > H'$, то имеет место глобализация мировой экономики в полной ее зависимости от потенциальной доминанты, например, США. В последнем случае утрата устойчивости и разбаланс доминирующей экономики неизбежно сотрясает весь мир.

Взаимная ригидность отражает тот факт, что даже, например, только слухи о возможном банкротстве фирмы уже изменяют курс ее ценных бумаг, а угроза войны повышает курс акций оборонных фирм, хотя никакие заказы еще не поступили, и т. п.

Заключение

Рассматриваемая модель описывает макроэкономические процессы без каких-либо ограничений или оговорок, позволяя вмешиваться в эти процессы и прогнозировать их развитие.

Знание переходных процессов, а тем более их сознательное использование, может дать кратковременный, но весомый выигрыш даже неэффективной в обычном режиме экономике или значительный провал эффективной экономики, если внезапные перемены конъюнктуры не были во время учтены.

Более того, эта модель позволяет найти болевые точки экономики, факторы, к которым она наиболее чувствительна, и, воздействуя на эти факторы вызывать желаемые потрясения и экономические катаклизмы,

сопровождаемые разорением одних игроков и колоссальным обогащением других, не говоря уж о возможных катастрофических политических последствиях.

Полезно иметь в виду, что рассмотренная модель пригодна не только для макроэкономических процессов, но и для изучения конкретной экономики отраслей производства и категорий потребления, налогообложения и пр. При этом структура соответствующих процессов всегда сохраняется, а меняются только параметры H, τ, n, L от средних для всей экономики до конкретных применительно к данному предприятию.

По сути, все множество блоков производителей, потребителей, налогов для конкретных предприятий образует соответствующие макроэкономические блоки на рис.2 путем параллельного соединения между собой.

Такая модель создает возможности введения программно-целевого подхода к формированию политики развития государства в целом и необходимости трансформации бизнес–идеи конкретного предприятия в соответствии с требованиями внешней и внутренней среды, что позволит не только ликвидировать рыночный разрыв, но и обеспечить необходимые условия развития бизнеса в стратегическом аспекте.

Список литературы

1. Самуэльсон П. Макроэкономика / П. Самуэльсон, В. Нордхаус. – М.: – 2009. – 542 с.
2. Туманова Е.А. Макроэкономика / Е.А. Туманова, Н.Л. Шагас. – М.: Инфра-М, 2004. – 400 с.
3. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник / А.А. Денисов – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 304 с.
4. Денисов А.А.. Макроэкономическое управление и моделирование. –СПб,: Изд-во Политехнического университета, 2006. – 72 с.

УДК 65.018

Логинова Александра Викторовна,
доцент, кандидат экономических наук

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА А.А. ДЕНИСОВА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПЕРСОНАЛА

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Высшая школа киберфизических систем и управления Института компьютерных наук и технологий, alexandra-lo@yandex.ru

Аннотация. В статье охарактеризована методика оценки персонала, основанная на использовании информационного подхода А.А. Денисова. Методика предполагает проведение процедур оценки персонала в форме сложных экспертиз и позволяет выполнить

оценку сотрудников с учетом степени влияния их профессиональной подготовки и мотивации на достижение стратегических организационных целей. Помимо подхода А.А. Денисова, основу для построения методики составили: методы организационной психологии, системно-целевой подход и методы математического программирования.

Методика была предложена автором статьи в 2007 г. [1].

***Ключевые слова*:** организационная система, системно-целевой подход, оценка персонала, информационные оценки Денисова.

Aleksandra V. Loginova,
Candidate of Economic Sciences, Associated Professor

APPLICATION OF THE A. A. DENISOV INFORMATION APPROACH FOR DEVELOPMENT OF THE PERSONNEL RATING SYSTEM

Russia, St.Petersburg, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University High School on Cyber physic Systems and Control of the Institute for Computer Sciences and Technologies, alexandra-lo@yandex.ru

Abstract. The article describes the method of personnel assessment based on the use of A.A. Denisov information approach. The method proposes to carry out the procedures of personnel assessment in the form of complex examinations, and allows to evaluate employees taking into account the impact of their training and motivation to achieve strategic organizational goals. In addition to the approach of Denisov, the work also relies on methods of organizational psychology, system-target approach and methods of mathematical programming.

The technique was proposed by the author in 2007.

Keywords: organizational system, system-oriented approach, personnel evaluation, information appraisals of Denisov.

В системе управления персонала одновременно решаются две задачи: задача оценки сотрудников и задача их распределения между работами в соответствии с их уровнем подготовки и мотивации.

Одной из распространенных оптимизационных моделей для описания задач экономического планирования является так называемая «задача об оптимальных назначениях» («задача выбора») [2, С. 473-486]. Классическая постановка задачи о назначениях предполагает распределение n работ между n кандидатами (исполнителями). Причем известно время выполнения i-й работы j-м кандидатом (исполнителем) (c_{ij}, $i=j=\overline{1,n}$). Затраты времени c_{ij} удобно представлять в виде матрицы C = (c_{ij}) размерности $n \times n$. Требуется найти такое назначение кандидатов (исполнителей) на работы, чтобы суммарное время выполнения всех работ было минимальным. Каждого кандидата можно назначать только на одну работу, и каждая работа должна быть выполнена только одним исполнителем.

Современная постановка задачи допускает более широкую ее трактовку. Так, под кандидатами (исполнителями) могут пониматься иные ресурсы предприятия (например, оборудование, транспортные средства, группы работников, финансы), а под работами – различные связанные с ними объекты (рабочие места, производственные участки, рейсы, проекты).

Экономико-математическая модель задачи в классической формулировке представлена ниже. Вводятся переменные x_{ij}, $i=j=\overline{1,n}$:

$$x_{ij}=\begin{cases}1, & \text{если } i\text{-й кандидат назначается на } j\text{-ю работу}\\ 0, & \text{в противном случае.}\end{cases} \quad (1)$$

То есть решение задачи также может быть представлено в форме квадратной матрицы X = (x_{ij}), $i=j=\overline{1,n}$. Допустимый план («назначение») должен удовлетворять следующим условиям:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij}=1,\ \ j=\overline{1,n}, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}=1,\ \ i=\overline{1,n}. \quad (3)$$

Таким образом, в модель входят $2n$ структурных ограничения. Необходимо найти числа x_{ij}, удовлетворяющие условиям (1)-(3) и обеспечивающие минимальное время выполнения всех работ:

$$C(X)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \to \min. \quad (4)$$

Эта модель предполагает, что определенная категория работников наилучшим образом справляется с выполнением только одной конкретной функции (производственной или управленческой). Выполнение именно такой функции руководитель стремится поручить своим сотрудникам.

Задача об оптимальном назначении является частным случаем транспортной задачи, поэтому для ее решения применимы методы решения транспортных задач. Но в силу такой особенности задачи о назначениях как простота матрицы ее ограничений, для решения данной задачи были разработаны специальные методы [3, С.48-50] [2, С.473-475].

При назначении исполнителей может быть полезно оценить не только трудоемкость работ. Поэтому задача выбора коэффициентов целевой функции (оценок) c_{ij} ($i=j=\overline{1,n}$) является весьма важным этапом и, как отмечено в работе [140], наиболее трудным. Р. Мэзон и Э. Фламгольц наряду с таким показателем, как время выполнения работ, предлагают использовать значения издержек производства. Если же требуется найти максимум целевой функции, в качестве коэффициентов c_{ij} могут выступать значения объема выпуска в единицу времени.

Все же значения c_{ij} подобрать довольно сложно. Эти коэффициенты представляют собой точечные оценки и, как было отмечено выше, являются оценками прогнозируемыми. Исходя из этого, можно говорить о достаточно высокой степени неопределенности результатов модели. Так как оценки c_{ij} по своей сути являются прогнозными, они могут быть заменены вероятностными оценками. В этом случае целевая функция может иметь вид [3]:

$$C(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \log_2(P_{ij}) x_{ij} \to \max, \quad (5)$$

где P_{ij} – вероятность успешного выполнения i-м исполнителем j-й работы.

Оценки P_{ij} (вероятность того, что исполнитель с определенными индивидуальными характеристиками успешно выполнит данную работу) предлагается определять на основе статистических данных. Выбор исполнителей для каждой из работ выполняется таким образом, что достигается максимум произведения вероятностей успешного выполнения ими работы. Представленная запись целевой функции (5) возможна благодаря свойствам логарифмов. Она удобна также для составления противоположной по смыслу целевой функции. Если мы хотим отразить в целевой функции вероятность неудачи (вероятность того, что работник не справится с предложенной задачей), то для минимизации вероятности неуспешного в целом назначения на все виды работ, требуется найти такое значение целевой функции, что:

$$C(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \log_2(1 - P_{ij}) x_{ij} \to \min. \quad (6)$$

Возможны и другие аналогичные подходы к выбору значений коэффициентов целевой функции и ее построению. В работе [2], помимо форм целевой функции (5) и (6), предлагаются следующие:

1. Максимизация ожидаемого количества успешных назначений:

$$C(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} x_{ij} \to \max. \quad (7)$$

2. Минимизация ожидаемого количества неуспешных назначений:

$$C(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} (1 - P_{ij}) x_{ij} \to \min. \quad (8)$$

3. Максимизация средних (геометрических) значений вероятностей успеха ($P/1 - P$) для всех назначений:

$$C(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \log(P_{ij}/1 - P_{ij}) x_{ij} \to \max, \quad 0 < P_{ij} < 1 \quad (9)$$

4. Минимизация средних (геометрических) значений вероятностей неуспеха [$(1 - P)/P$)] для всех назначений:

$$C(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \log(P_{ij}/1 - P_{ij})x_{ij} \to \min, \quad 0 < P_{ij} < 1 \qquad (10)$$

Подходы (7) и (8), предусматривающие экстремизацию средних значений вероятностей, более традиционны. Подходы (9) и (10) используются в задачах логистики. Р.Л. Вейл [4] предлагает использовать их для задачи распределения трудовых ресурсов, полагая, что использование предложенного в них способа усреднения вероятностных оценок позволяет получить более адекватное распределение вероятностей успеха. Использование средних (геометрических) значений вероятности дает возможность максимально приблизить вероятность успеха к единице. Простое же суммирование вероятностей дает величину, большую единицы. Для того чтобы избежать искажения результата при способах представления (9) и (10), необходимо внимательно производить оценку значений коэффициентов целевой функции при $P_{ij} > 0{,}95$ и $P_{ij} < 0{,}05$.

Удобство использования информационных оценок связано с тем, что результаты самооценки сотрудников (p_{ij}') не нормируются. Сопоставление относительных оценок сотрудников, полученных с помощью модели, основанной на методе решающих матриц, и оценок, полученных путем совмещения идеи решающих матриц и информационного подхода, удобно проводить путем их графической интерпретации в виде гистограмм.

Модель текущего распределения работ между исполнителями

Модели оценки кадровых ресурсов предприятия, позволяют определять такие характеристики сотрудников, как уровень мотивации, уникальность знаний и навыков, отношение к сотрудникам и оценка результатов их деятельности со стороны колле, социальную роль сотрудников в коллективе. Эти оценки могут быть использованы в качестве исходной информации для постановки оптимизационной задачи распределения работ между сотрудниками.

Пусть функции организационного подразделения таковы, что их выполнение можно поручить одновременно нескольким сотрудникам, если их квалификация это позволяет (например, сотрудники могут параллельно выполнять разные части одной работы). Известно, сколько времени требуется каждому из сотрудников для выполнения любой из работ. Известны основные и дополнительные расходы на оплату труда сотрудников. Необходимо, чтобы все работы были выполнены в плановом периоде, а сотрудники для их выполнения были отобраны так, чтобы интегральная оценка значимости результата деятельности коллектива была максимальной.

Тогда задача распределения имеющего числа сотрудников с известной квалификацией между задачами, стоящими перед подразделением предприятия в текущем периоде (неделя, месяц квартал), может быть описана следующей моделью (11 – 16).

Данная модель основана на модификации классической постановки задачи о назначениях.

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} H_{ij}x_{ij} \to \max, \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \ j=\overline{1,m}, \tag{12}$$

$$\sum_{j=1}^{m} a_{ij}x_{ij} \le F_i, \ i=\overline{1,n}, \tag{13}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}t_i x_{ij} \le \overline{Z}, \tag{14}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} (s_{ij} + tr_{ij})x_{ij} \le \overline{D}, \tag{15}$$

$$0 \le x_{ij} \le 1, \ i=\overline{1,n}, \ j=\overline{1,m}, \tag{16}$$

где x_{ij} − искомый «вклад» i-го сотрудника в выполнение j-й работы (функции); H_{ij} – оценка значимости i-го сотрудника для выполнения j-й работы, учитывающая оценку руководителя и самооценку сотрудника; a_{ij} – время, необходимое i-му сотруднику для выполнения j-й работы единолично, часы; F_i – фонд эффективного рабочего времени i-го сотрудника в плановом периоде, часы; t_i – тарифная ставка i-го сотрудника, руб.; $\overline{Z}$ – максимальный размер фонда оплаты труда подразделения в плановом периоде, руб.; s_{ij} − необходимые затраты на обучение i-го сотрудника, если он назначается на j-ю работу, руб.; tr_{ij} − необходимые затраты на участие i-го работника в психологических тренингах, если он назначается на j-ю работу, руб.; $\overline{D}$ − верхняя граница фонда затрат на обучение и переподготовку сотрудников подразделения в плановом периоде, руб.

Новизной является использование оценок деятельности сотрудников, объединяющих в себе оценку руководителя и самооценку и вычисляемых с помощью модифицированной информационной оценки А.А. Денисова [7], в которой определяется значимость i-го сотрудника организационного подразделения для реализации j-й функции:

$$H_{ij} = -q_{ij} \log (1 - p_{ij}'), \ i=n,1 \ , j=m,1, \tag{5}$$

где q_{ij} − оценка возможности использования труда i-го сотрудника при выполнении j-й функции (по мнению руководителя); p_{ij}'− оценка i-м сотрудником собственной готовности к выполнению j-й функции.

Таким образом, на значение показателя эффективности деятельности сотрудника H_{ij} влияют две оценки: оценка руководителя и самооценка сотрудника .

С помощью модели определяется доля участия каждого из сотрудников в работе подразделения. Модель дает возможность распределять функции между сотрудниками подразделения в зависимости от уровня их профессиональной подготовки и мотивации. С помощью модели (11)-(16) можно выполнять распределение функций как для действующего подразделения предприятия, так и для реорганизуемых и новых подразделений.

Алгоритм решения задачи приведен на рис. 1.

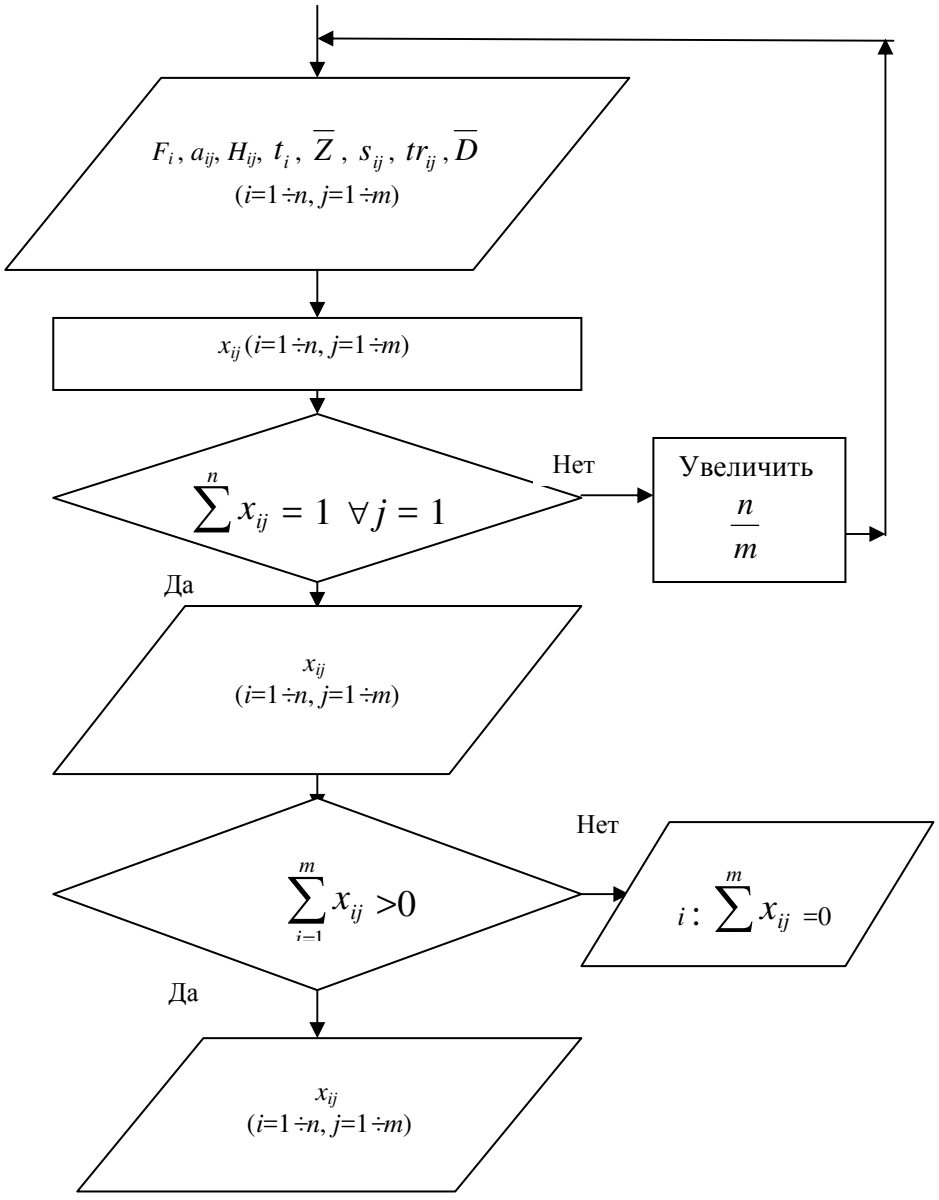


Рис. 2.1. Алгоритм решения задачи распределения работников

1. Задаются значения показателей F_i, a_{ij}, H_{ij}, t_i, $\overline{Z}$, s_{ij}, tr_{ij}, $\overline{D}$.

2. Вектор решений задачи $\{x_{ij}\}$ находится симплекс-методом, а в случае большой размерности матрицы $X=(x_{ij})$ предлагается использовать модифицированный симплекс-метод [20].

3. Определяется, все ли работы будут выполнены полностью при найденном способе распределения работников. Если какие-то из работ выполняются не полностью (не выполнено ограничение (2.28) задачи, т.е. фактически задача не имеет решений), то необходимо изменить начальные условия: ввести новых исполнителей и/или уменьшить число работ.

4. Выводится вектор решений $\{x_{ij}\}$.

5. Проверяется, нет ли среди работников тех, кто не был назначен ни на какие работы. Список таких работников требует дальнейшего анализа и выводится отдельно.

К достоинствам полученной модели можно отнести:

1. Модель дает возможность оценить предпочтение выбора кого-то из работников для выполнения той или иной функции.

2. Модель позволяет давать оперативную оценку потребности в работниках.

3. В модели учитывается возможность поручения одной работы нескольким работникам.

4. В модели учитываются различные формы материального стимулирования работников.

5. С помощью модели можно в первом приближении оценить потребность в персонале как для действующих подразделений, так и для реорганизуемых и новых подразделений.

Список литературы

1. Логинова А.В. Модели структурно-кадрового подхода в управлении предприятиями: Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики. Санкт-Петербург, 2007.

2. Юрьев В.Н. Методы оптимизации в экономике и менеджменте: учеб. пособие / В.Н. Юрьев, В.А. Кузьменков. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2006. – 804 с.

3. Мэзон Р. Управление трудовыми ресурсами / Р. Мэзон, Э. Фламгольц // Исследование операций: в 2-х т.; пер. с англ. / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981. – Т. 2. – С. 34-70.

4. Weil R.L. Functional selection for the stochastic assignment model / R.L. Weil // Operations Res. – 15, 6. (November-December 1967). – pp . 1063-1067.

5. Аверин В.А. Психология личности: учеб. пособие / В.А. Аверин. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2001. – 191 с.

6. Абчук В.А. Энциклопедия современного бизнеса / В.А. Абчук. – СПб.: Вектор, 2005. – 640 с.

7. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы: учеб. пособие / А.А. Денисов. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2005. – 295 с.

8. Берн Э. Лидер и группа. О структуре и динамике организаций и групп: пер. с англ. / Э. Берн. – Екатеринбург: Изд-во «Литур», 2000. – 320 с.

УДК 530.1

Шапошников Александр Викторович,
вед. инженер

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЕОРИИ ОТРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ А.А.ДЕНИСОВА

Россия, г. Санкт-Петербург,
Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого,
alex_sh@spbstu.ru

Аннотация. В работе проанализирована теория отражения движения А.А. Денисова, её методологические особенности. Обращается внимание на важную роль данной теории в возвращении в физическую науку материалистического мировоззрения.

Ключевые слова: позитивизм, теория относительности, электродинамика, информация, теория отражения движения, наблюдатель, пространство и время

Alexander V. Shaposhnikov,
principal engineer

INFORMATION APPROACH TO THE ANALYSIS OF PHYSICAL SYSTEMS IN THE THEORY OF A.A. DENISOV

Russia, St.Petersburg,
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
alex_sh@spbstu.ru

Abstract. The paper analyzes the theory of movement reflection of A.A.Denisov, its methodological features. Attention is drawn to the important role of this theory in the return to the physical science of the materialistic worldview.

Keywords: positivism, relativity, electrodynamics, information, motion reflection theory, observer, space and time

Современная фундаментальная физика опирается на ряд теорий, которые возникли в начале прошлого века в ходе кризиса, который был вызван тем, что классическая теория в то время не смогла объяснить ряд экспериментов [1]. Этот кризис оказался настолько глубоким, что вызвал не только замену одной физической теории другой, но и изменение в це-

лом мировоззрения у многих учёных: на смену наивному материализму классической физики пришёл так же во многом наивный позитивизм. “Второй” позитивизм был характерен тем, что это философское направление развивали не философы-профессионалы, а представители естественных наук. Поэтому в нём причудливо слились на почве агностицизма и отрицания объективной реальности две противоположности: крайний эмпиризм физика Э. Маха и крайний рационализм математика А. Пуанкаре. При этом базовые методологические принципы классической физики такие как принцип объективности и принцип причинности была заменены на релятивизм и конвенционализм. Причём независимо от желания авторов той или иной физической теории их мировоззрение влияет на содержание этой теории и поэтому современная фундаментальная физика, будучи позитивистской, – это по сути набор постулатов и их математических следствий, которыми подменяется анализ причинно-следственных связей в Природе.

Некоторые известные учёные в том числе и в нашем университете выступали против использования методологии “второго” позитивизма и в частности релятивизма в физике. Так, в 30-х годах прошлого века с релятивистами А.Ф. Иоффе и Я.И. Френкелем на студенческих семинарах активно полемизировал заведующий кафедрой ТОЭ, академик В.Ф. Миткевич [2]. Затем в 50-х годах декан механико-машиностроительного факультета Т.А. Лебедев опубликовал свои тезисы докладов с критикой некоторых положений теории относительности и квантовой механики. Но эти учёные не смогли противопоставить теории относительности А. Эйнштейна (ТО) и квантовой механики (КМ) сколько-нибудь последовательную материалистическую парадигму в физике. Удалось это сделать только в середине 60-х годов профессору кафедры автоматики и телемеханики А.А. Денисову, который, развивая направление информационного анализа систем, правильно оценил важное значение методологии теории систем при создании физической теории [3]. Впоследствии на основе информационного анализа физических систем он разработал основы теории отражения движения (ТОД) [4], которая по сути является развитием классической физики Галилея-Ньютона и которую автор ТОД предложил использовать вместо ТО.

При создании новой теории важно с самого начала чётко сформулировать причины неудовлетворённости уже существующими, поэтому А.А. Денисов прежде всего проанализировал причины возникновения ТО и её современное состояние.

Как известно в середине XIX века Дж.К. Максвелл создал свою теорию электромагнетизма, но понял, что она противоречит идее Галилея о невозможности экспериментального обнаружения собственного

инерциального абсолютного движения и предложил решающий эксперимент для проверки своей теории. А. Майкельсон выполнил подобный эксперимент и получил отрицательный результат, что, казалось бы, свидетельствовало о неполноте теории Максвелла. Но активный сторонник этой теории Г. Лоренц вместо коррекции теории, противоречащей некоторым экспериментам предложил принять гипотезу о сокращении тел в направлении движения и замедлении времени. А. Эйнштейн вывел с помощью постулатов А. Пуанкаре преобразования координат, полученные Г. Лоренцем в предположении инвариантности уравнений Максвелла относительно преобразований координат. Таким образом вместо принципа относительности Галилея в ТО было использовано математическое условие инвариантности уравнений и в частности постоянство некой константы ***c***, которую А. Эйнштейн представил как скорость света. Отсюда очевидно, что ТО является чисто математической имитационной конструкцией, не имеющей отношения к объективной реальности.

А.А. Денисов указал на эти недостатки ТО и предположил, что все так называемые “релятивистские эффекты” в электродинамике объясняются искажением информации о положении и скорости быстро движущихся взаимодействующих зарядов. В соответствии с гипотезой близкодействия заряды взаимодействуют не непосредственно друг с другом, а с окружающей их промежуточной материальной средой (эфир в классической физике), которая отражает существование заряда в смысле теории отражения материалистической диалектики и таким образом передаёт информацию о его физических параметрах другим зарядам.

Далее в качестве методического приёма в теории вводится понятие *наблюдатель*, который является некоторым аналогом пробного объекта в классической физике, но не в статике, а в динамике. Ранее в ТО тоже вводилось это понятие, но релятивисты (то есть сторонники теории относительности в данном случае) до сих пор не смогли объяснить какой смысл они вкладывают в него. Видимо поэтому из современных релятивистских научных текстов оно практически исключено. Действительно, если релятивистский наблюдатель – это мыслящий субъект, то какое отношение его поведение имеет к физике, а если в ТО также как в ТОД под наблюдателем подразумевается локализованный физический объект, то он очевидно будет фиксировать искажённую информацию на что ТО просто не обращает внимания. В релятивистских текстах неоднократно повторяется мысль конвенционалиста А. Пуанкаре о том, что наблюдатель, даже имея наручные часы, не сможет однозначно сопоставить время разно удалённых событий, а поэтому необходимо для удобства составления описания наблюдаемых физических явлений синхронизировать в каждой точке пространства данной системы отсчёта разноместные

часы. Очевидно, что для физиков-материалистов удобство описания не является аргументом при создании теории, потому что в этом случае причинно-следственные связи при распространении и искажении информации игнорируются, и физическая модель превращается в чисто кинематическое описание наблюдаемого в духе системы Птолемея.

Для количественного анализа поведения физических систем необходимо в теории сопоставить исследуемому физическому объекту пробный объект-наблюдатель, приписать ему линейки и часы, то есть создать систему отсчёта (СО). Потом анализируя информацию, получаемую в начале системы отсчёта наблюдателем, можно предсказать его поведение, а значит и поведение реального объекта. В связи с этим в ТОД считается, что поскольку в электродинамике информация передаётся со скоростью распространения электрических потенциалов, то введение единого времени в каждой СО неправомерно. Релятивисты же смешали понятия *событие* и *информация о событии*, на которую только и реагируют физические объекты.

Поскольку информация может искажаться, в частности запаздывать, то можно подобные искажения чисто математически описать с помощью кажущихся изменений масштабов и темпов процессов, чего, конечно, в реальности не происходит. Как известно в философии существуют две основные концепции пространства и времени: субстанциальная и реляционная. Реляция – сопоставление, именно сопоставление измеряемого с эталоном является основной операцией в процедуре измерения, которая является основной операцией в физике и соответствует ТОД. А вот релятивистское пространство-время к этой концепции никакого отношения не имеет, потому что релятивистский наблюдатель не сопоставляет наблюдаемые явления, а меняет их произвольным образом, переходя из одной СО в другую.

В результате в электродинамике возникают такие явления как эффект Доплера и аберрация по типу звёздной. В частности, в интерферометре Майкельсона возникающие последовательно эффекты Доплера при излучении световой волны, а потом при приёме из эфира компенсируют друг друга так, что дополнительного сдвига интерференционных полос не наблюдается, хотя прибор движется относительно эфира.

Из-за явления аберрации электрического поля движущегося в эфире заряда возникают искажения электрического поля по бокам и вдоль траектории движения. В математике это явление предсказал Г. Гельмгольц, предложив теорему о разложении произвольного дифференцируемого поля, например, поля движущегося заряда на безвихревое (ротор которого равен нулю) и соленоидальное (бездивергентное). Соле-

ноидальное поле – это по сути магнитное поле, а безвихревое поле определяет дополнительный градиент напряжённости вдоль траектории движения. Первое искажение поля отвечает за возникновение электромагнитных волн при нестационарном движении заряда, а второе искажение вызывает появление продольных электрострикционных волн по терминологии ТОД. Независимо от ТОД безвихревое поле присутствует и в теории другого учёного, работавшего в Томске - Г.В. Николаева [5], который называл это поле скалярным магнитным.

Учитывая существование двух дополнительных полей (как искажений основного электрического поля), А.А. Денисов смог дополнить систему уравнений Максвелла, объяснить работу конденсатора на переменном токе, получить массу полностью электродинамического происхождения и убрать из теории электродинамики нарушения II и III законов Ньютона, существующие в современной физике.

Как показано в ТОД, все типы известных сегодня физических взаимодействий имеют электрическую природу. В частности, масса частиц в ускорителе не возрастает, но падает эффективность воздействия электрического поля на быстро движущийся заряд. Аналогичный эффект существует в гравитации, что вызывает, например, дополнительное смещение перигелия планет, вращающихся вокруг массивной звёздного объекта.

В отношении другой позитивистской теории – квантовой механики можно сказать, что она с самого начала являлась чисто математической вероятностной моделью и до сих пор не предложено никакой сколько-нибудь проработанной физической интерпретации этой математической конструкции. В ТОД наблюдаемые квантово-механические эффекты также описываются с помощью электрических взаимодействий. Нет никаких оснований предполагать, что микромир устроен как-то совершенно иначе, чем наш макромир и так называемые спутанные состояния есть не результат нелокальности частиц, а существования скорости передачи информации большей скорости света.

Таким образом ТОД позволяет не отклонять классическую физику, как якобы устаревшую теорию, а наоборот развить её и возвратить в физику материалистическое мировоззрение. Надо отметить, что сегодня не существует ни одного прямого эксперимента, подтверждающего ТО, но все существующие косвенные эксперименты просто не опровергают её, как, впрочем, и теорию А.А. Денисова.

Внедрение ТОД в учебный процесс позволит повысить наглядность преподавания физики не только в университете, но и в школе, по-

скольку ТОД намного понятнее, чем существующие фундаментальные физические теории и является развитием классических представлений в физике.

Список литературы

1. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. Критические заметки об одной реакционной философии //ПСС.— Т.18. М: Изд-во политической литературы, 1968.—525 с.

2. Миткевич В.Ф. Избранные труды. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. — 267 с.

3. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы: учеб. пособие. — СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. — 295 с.

4. Денисов А.А. Основы Теории отражения движения (ТОД). — СПб.:Изд-во Политехн ун-та, 2006. —56 с.

5. Николаев Г.В. Непротиворечивая электродинамика. — Томск: Изд-во НТЛ,1997. —144 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ 5

Васильев Ю.С., ***Волкова В.Н.***, ***Козлов В.Н.***
КОНЦЕПЦИЯ ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЫ:
ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ …….. 5

Клейнер Г.Б., ***Щепетова С.Е.***
СИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА В РАЗВИТИИ: НАУЧНАЯ
ШКОЛА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ
ФИНУНИВЕРСИТЕТА И ЦЭМИ РАН …… 18

Панкратова Н.Д., ***Панкратов В.А.*** (Украина)
РОЛЬ И МЕСТО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ …… 31

Tarasenko F.P.
A SURVEY OF METHODS OF SOLVING REAL-LIFE PROBLEMS 40

Малинецкий Г.Г.
ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ЦИФРОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ …… 56

Верзилин Д.Н., ***Соколов Б.В.***, ***Юсупов Р.М.***
НЕОКИБЕРНЕТИКА: СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ …… 72

Вяткин В.В., ***Дроздов Д.Н.***, ***Голуб Ю.А.*** (Швеция, Россия)
КОНЦЕПЦИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ КАК
СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ
СИСТЕМ …… 98

Микони С.В.
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТЕРМИНОЛОГИИ
УПРАВЛЕНИЯ ……. 112

Бенцион Флейшман (США)
НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ …… 121

Москинова Г.И.
ГОМОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ В ПРИРОДЕ И ОБЩЕСТВЕ:
МОДЕЛИ САМООРГАНИЗАЦИИ …… 138

Генрих Вапнэ (США)
«КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ» В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ …….. 154

Базилевич Л.А. (***Leon Bazil***, США)
СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ВИВАТ (ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ ВИРТУАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ В ТЕМПЕ) …… 165

Скопин А.Ю.
СИСТЕМНАЯ СТРАТЕГИЯ РОССИИ В КОНТЕКСТЕ ДИНАМИКИ МИРА И ЕВРАЗИИ …… 173

Данчул А.Н.
ПРОГРАММА «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»: АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОПИСАНИЯ …… 177

Кукор Б.Л., ***Яковлева Е.А.***, ***Клименков Г.В.***
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛИЦ, ПРИНИМАЮЩИХ РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКОЙ: ЛИНГВО-КОМБИНАТОРНЫЙ ПОДХОД ……. 187

Арефьев И.Б. (Польша)
ЛОГИКО-РЕФЛЕКСИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ И ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ 194

Жанна Бобер (Эстония)
КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СРЕДА: НА ПОРОГЕ РОЖДЕНИЯ СИСТЕМЫ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА …… 201

Черный Ю.Ю.
ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ …… 219

Москвин В.А.
ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ НЕ ХВАТАЕТ ИНТЕЛЛЕКТА …… 230

Reinhold Wessely (Австрия)
MANAGEMENT OF THE NON-RENEWABLE RESOURCE LAND FOR ITS PROTECTION SOLUTIONS THROUGH SYSTEM ANALYSIS 240

Janne Hurme, ***Ignat Kulkov*** (Финляндия)
MOBILITY AS A SERVICE: BUSINESS MODEL ANALYSIS OF THE KYYTI COMPANY …… 248

Кононова М.Ю., ***Вильдероттер Клаус*** (Германия)
УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ГЕОЭКОМАРКЕТИНГА НЕДВИЖИМОСТИ ТУРИСТСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РАЗВИТИЯ .. 254

Секция 1
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ……….. 259

Фирсов А.Н.
КИБЕРФИЗИКА И ТИПОЛОГИЯ МОДЕЛЕЙ …… 259

Карлик А.Е., ***Яковлева Е.А.***, ***Платонов В.В.***, ***Катермина Т.С.***
АКТИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА И НОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ …… 267

Волкова В.Н., ***Леонова А.Е. Логинова А.В.***, ***Каракчиева В.В.***
РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-МИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ……..…….. …… 274

Брусакова И.А.
ЦИФРОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОЯЗЫЧНЫМ КОНТЕНТОМ …… 289

Десятирикова Е.Н., ***Ходар Алмосана***, ***Алкади Усама***
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ …… 295

Манев Д.В., ***Сальников В.Ю.***
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ …… 302

Толочко И.А., ***Яковлева Д.Д.***, ***Шарич Э.Э.***
СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ 308

Кудрявцева А.С.
КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ …….. 312

Панкратова Н.Д., ***Панкратов В.А.***
РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ …… 321

Платонов В.В., ***Тихонова М.В.***, ***Карлик Е.М.***, ***Кузяев Д.А.***
ПРОБЛЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ И НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО АППАРАТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ …….. ……... 333

Яковлева Е.А., ***Катермина Т.С.***, ***Шарич Э.Э.***, ***Яковлева Д.Д.***
СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛОМ ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИЙ …… 339

Покровская Н.Н., ***Абабкова М.Ю.***
РОСТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА МАЛОГО БИЗНЕСА С УДЕШЕВЛЕНИЕМ РОБОТОТЕХНИКИ …… 347

Вэй Фэн, ***Покровская Н.Н.*** (Китай, Россия)
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ОПЫТ ОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ РОССИИ И КИТАЯ ……. 353

Михайлов К.И.
АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ……. 359

Пушкарев Р.А.
ПРИМЕНЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ …….. 363

Мяэ М.А.
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭВАКУАЦИИ
ПОСРЕДСТВОМ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА ……. 368

Кошелькова Е.А., ***Ланкин В.Е***., ***Шашкин А.К.***
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВЯЗИ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ОБЪЕКТОВ …… 373

Войтенко К.И., ***Зеленский В.П.***
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ
УСТРОЙСТВА РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛОВ ГЛОНАСС, GPS 385

Мубаракшина Р.Т., ***Яковенко А.А.***
ОБЗОР ПОДХОДОВ К ПРОБЛЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ
ЭМОЦИЙ ПО ПАРАМЕТРАМ УСТНОЙ РЕЧИ …… 392

Панова А.А., ***Яковенко А.А.***
МЕТОДЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГОЛОСОВОЙ АКТИВНОСТИ ... 397

Чернобаев И.Д., ***Скорынин С.С.***, ***Суркова А.С.***
ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В
ЗАДАЧЕ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСКРЕННИХ СООБЩЕНИЙ
В ОНЛАЙН СЕРВИСАХ. ……..…. 403

Nie Jinliang
CIFAR10 IMAGE CLASSIFICATION BASED ON RESNET ……... 412

Зарур Лотфи, ***Малыхина Г.Ф.***
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ
ДЛЯ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДОЛИ
СВОБОДНОГО ГАЗА В ТОВАРНОЙ НЕФТИ …….. 416

Загарских Е.Ю., ***Загарских Ю.А.***
ПРИМЕНЕНИЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ …….. 425

Мадалиев А., ***Иванов В.М.***
ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ПЕРЕДОВОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ…… 430

Курбесов А.В., ***Туров В.И.***, ***Кухаренко Е.А.***, ***Данилова Т.В.***
ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ КОХОНЕНА ДЛЯ АНАЛИЗА УРОВНЯ
ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ ПО
ГОРОДАМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ……. 433

Шаронина Л.В.*, *Чудинов П.Ю.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ DATA MINING
В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ В
ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ КРЕДИТОВАНИИ …….. 441

Wu Di
INTELLIGENT FACE RECOGNITION BASED ON CUSTOMERS
FLOW ANALYSIS IN E-COMMERCE PHYSICAL STORE …… 448

Степашкина Е.В*., *Горбачев И.В.
ОБОБЩЕННЫЙ АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ …….. 454

Ворсина Д.А.*, *Нестеров С.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ …… 460

Нестеров С.А.*, *Никольская А.Н.
АНАЛИЗ И ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ
БАНКОМАТОВ НА ОСНОВЕ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ……. 465

Заседание «за круглым столом»
«ОБЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ
РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ – ОСНОВА
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ» .. 471

***Козлов В.Н.*, *Волкова В.Н.*, *Болсуновская М.В.*, *Логинова А.В*.,**
Широкова С.В.
ОБЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОЙ
ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ – ОСНОВА ЭЛЕКТРОФЛЮИДИКИ
И ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА СИСТЕМ
А.А. ДЕНИСОВА ……. 472

Нагорный В.С.
ВЕДУЩАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА РОССИИ –
ЭЛЕКТРОГИДРО– И ЭЛЕКТРОГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ
АВТОМАТИКА (ЭЛЕКТРОФЛЮИДИКА) …… 495

Вертешев А.С.*, *Вертешев С.М.
ЭЛЕКТРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
ЭНЕРГИИ КАК ЭЛЕМЕНТ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ….. 505

Широкова С.В.
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА
А.А. ДЕНИСОВА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ
РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ….. 509

Кудрявцева А.С.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА РЕШАЮЩИХ
МАТРИЦ Г.С. ПОСПЕЛОВА И МОДЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА
ИНФОРМАЦИОННОМ ПОДХОДЕ А.А. ДЕНИСОВА …….. 518

Голуб Ю.А.
РАЗВИТИЕ МЕТОДА РЕШАЮЩИХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ
ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА А.А. ДЕНИСОВА …… 524

Болсуновская М.В., ***Иванов О.И.***
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА
А.А. ДЕНИСОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В
МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМАХ …… 632

Тибилова Г.С.
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ
СИСТЕМ А.А. ДЕНИСОВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ЭЛЕКТРОННЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ …….. 539

Амиров А.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОЦЕНОК
А.А. ДЕНИСОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ …… 549

Татарова А.В., ***Татаров С.В.***
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-
ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА А.А. ДЕНИСОВА …… 554

Логинова А.В.
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА
А.А. ДЕНИСОВА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ
ПЕРСОНАЛА ……. 563

Шапошников А.В.
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ФИЗИЧЕСКИХ
СИСТЕМ В ТЕОРИИ ОТРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ
А.А. ДЕНИСОВА …… 571

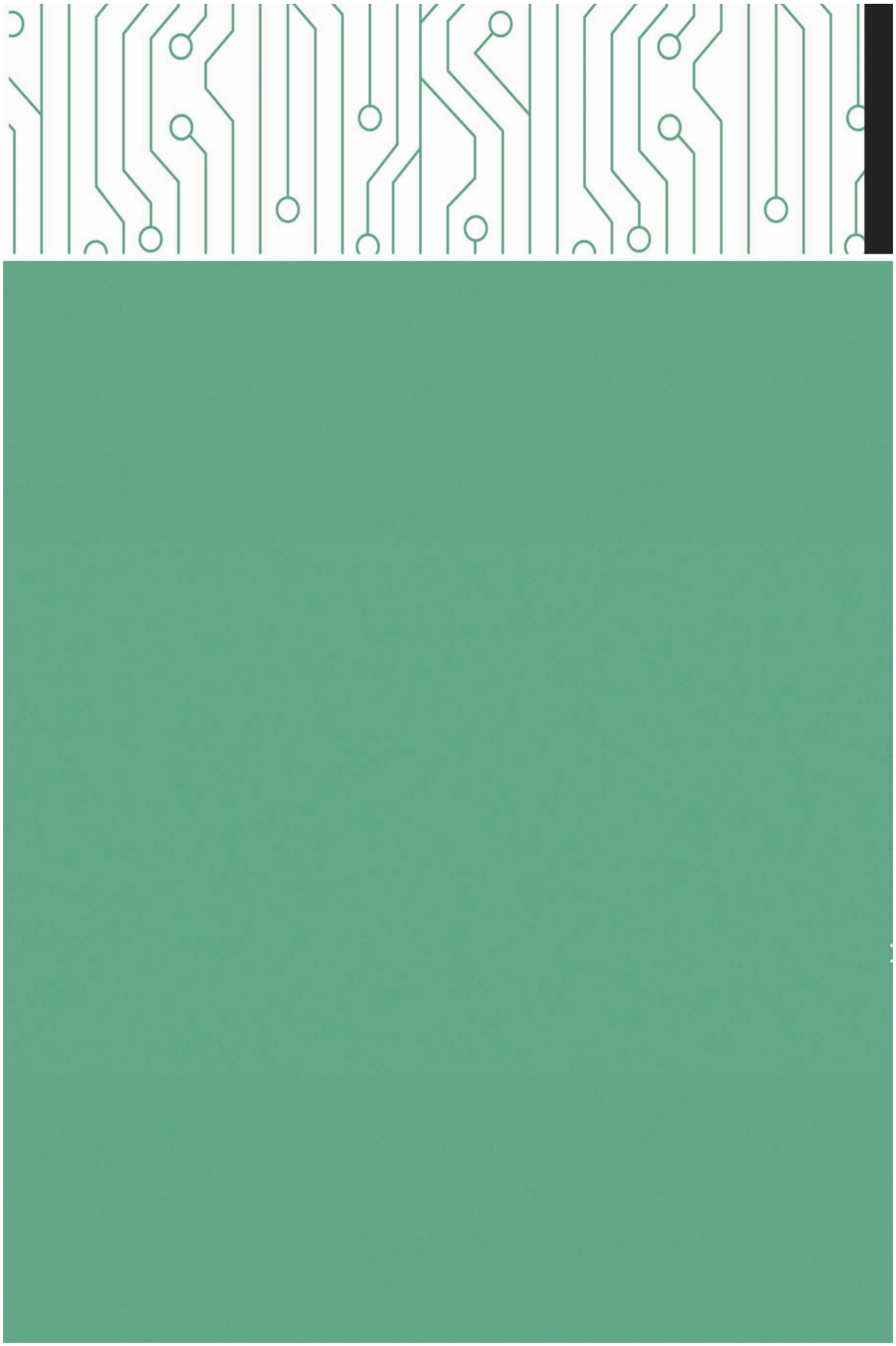
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Сборник научных трудов
XXIII Международной научно-практической конференции
10–11 июня 2019 года

Часть 1

Сборник подготовили: В.Н. Волкова, А.В. Логинова, С.В. Широкова

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 25.05.2019. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 36,5. Тираж 100. Заказ 17898b.

Отпечатано с готового оригинал-макета,
предоставленного организационным комитетом конференции,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.