

Международная научно-практическая конференция
«Имитационное и комплексное моделирование морской
техники и морских транспортных систем» –
«ИКМ МТМТС 2011»

Труды конференции

International scientific-practical conference
«Simulation and complex modelling in marine
engineering and marine transporting systems» –
SCM MEMTS 2011

Proceedings of conference



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ (РОССИЯ)

2011

Международная научно-практическая конференция
«Имитационное и комплексное моделирование морской
техники и морских транспортных систем» –
«ИКМ МТМТС 2011»

Труды конференции

International scientific-practical conference
«Simulation and complex modelling in marine
engineering and marine transporting systems» –
SCM MEMTS 2011

Proceedings of conference



Российская Академия Наук



Санкт-Петербург, 2011



ISBN 978-5-905526-01-5

СОСТАВИТЕЛИ А.М. Плотников, Б.В. Соколов

Компьютерная верстка Л.П. Козлова

Уважаемые коллеги, дамы и господа!

Сегодня ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» и Учреждение Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН) проводят Международную научно-практическую конференцию «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» – «ИКМ МТМТС 2011».

Тематика конференции посвящена всестороннему анализу современного состояния и перспектив развития теории и инструментальных средств имитационного и комплексного моделирования производственных и технологических процессов, теории и практики имитационного и комплексного моделирования морских транспортных систем, морских грузоперевозок и логистике, компьютерным системам обучения и тренажеров.

Помимо новых научных результатов, связанных с решением задач имитационного и комплексного моделирования в различных предметных областях, в материалах конференции отражен опыт практического применения математического аппарата имитационного и комплексного моделирования с использованием современных программных систем.

В рамках конференции предоставляется возможность обсудить с коллегами из разных стран и разных организаций последние достижения российской и зарубежной науки и технологий в области решения задач имитационного и комплексного моделирования, а также применения их в полученных результатах в научных исследованиях и на практике в рассматриваемой предметной области. Мы надеемся, что работа конференции будет способствовать укреплению сотрудничества отечественных и зарубежных партнеров, а также установлению новых научных и деловых связей.

Хочется поблагодарить наших коллег из Российского фонда фундаментальных исследований, Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, «Национального общества имитационного моделирования» и фирмы ООО «Элина-Компьютер» (Казань) за финансовую поддержку и активное содействие в подготовке и проведении данной конференции.

Мы полагаем, что эта встреча будет для участников памятной и приятной, поскольку произойдет в Санкт-Петербурге, одном из красивейших городов мира, центре науки и образования, высоких технологий и культуры.

Успехов в работе всем участникам!

Генеральный директор ОАО «ЦТСС»

В.Д.Горбач

Директор СПИИРАН

Р.М. Юсупов

Председатель Средиземноморского
и Латиноамериканского общества
имитационного моделирования, Италия

Agostino G. Bruzzone

CONFERENCE ORGANIZING COMMITTEE

**International scientific-practical conference
«Simulation and complex modelling in marine engineering and marine
transporting systems» – SCM MEMTS 2011
International Maritime Defence Show – IMDS-2011
St.-Petersburg, Russia, 29 - 30th on June, 2011 year**

Co-chairmen of conference:

Gorbach V.D., general director, Joint-Stock Corporation «Shipbuilding & Shiprepair Technology Center», Dr.Sci.Tech., professor, Saint-Petersburg, Russia

Yusupov R.M., director, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia

Agostino G. Bruzzone, professor, M&S Net Director, chairman International Mediterranean & Latin American Council of Simulation, Genoa, Italy

Members of organising committee:

Borschev A.V., general director, «XJ Technologies» Ltd., Cand.Tech.Sci., Saint-Petersburg, Russia

David Al-Dabass, professor, president United Kingdom Simulation Society, Nottingham Trent University, Nottingham, United Kingdom

Deviatkov V.V., director, «Elina-Computer» Ltd., Cand.Tech.Sci., Kazan, Russia

Dolmatov M.A., main expert, Joint-Stock Corporation «Shipbuilding & Shiprepair Technology Center», Saint-Petersburg, Russia

Karpov Yu.G., St. Petersburg Polytechnical university, Dr.Sci.Tech., professor, Saint-Petersburg, Russia

Merkuryev Yu.A., professor, Dr.habil.sc.ing., Head Dept. of Modelling and Simulation, Riga Technical University, corresponding member of Latvian Academy of Sciences, president Latvian Simulation Society, Riga, Latvia

Plotnikov A.M., chief of branch, Joint-Stock Corporation «Shipbuilding & Shiprepair Technology Center», Saint-Petersburg, Russia

Senichenkov Yu.B., Mvstudium Group, Dr.Sci.Tech., professor, Saint-Petersburg, Russia

Sokolov B.V., deputy director, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences, Dr.Sci.Tech., professor, Saint-Petersburg, Russia

Vlasov S.A., scientific secretary of Branch nano-technologies and information technologies of Russian Academy of Sciences, the leading scientific employee IPM of Russian Academy of Sciences, Cand.Tech.Sci., Moscow, Russia

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

**Международная научно-практическая конференция
«Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских
транспортных систем» – «ИКМ МТМТС 2011»
Международный военно-морской Салон – МВМС-2011
Санкт-Петербург, Россия, 29 – 30 июня 2011 г.**

Сопредседатели:

Горбач В.Д., генеральный директор ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», д.т.н., академик МАИ, Санкт-Петербург

Юсупов Р.М., директор СПИИРАН, член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Санкт-Петербург

Agostino G. Bruzzone, профессор, университет Генуи, председатель Средиземноморского и Латиноамериканского общества имитационного моделирования, Генуя, Италия

Члены оргкомитета:

Борщев А.В., генеральный директор ООО «Экс Джей Текнолоджис», к.т.н., Санкт-Петербург

Власов С.А., ученый секретарь Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, в.н.с. ИПУ РАН, к.т.н., Москва

Девятков В.В., директор ООО «Элина-Компьютер», к.т.н., Казань

Долматов М.А., главный специалист, ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург

Карпов Ю.Г., СПбПУ, д.т.н., профессор, Санкт-Петербург

Меркурьев Ю.Б., заведующий кафедрой, х.д.и.н., профессор, Рижский ТУ, член-корр. Латвийской АН, президент Латвийского общества имитационного моделирования, Рига, Латвия

Плотников А.М., начальник отделения, ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург

Сениченков Ю.Б., СПбПУ, д.т.н., профессор, Санкт-Петербург

Соколов Б.В., заместитель директора СПИИРАН по научной работе, д.т.н., профессор, Санкт-Петербург

David Al-Dabass, профессор, президент Общества Имитационного моделирования Великобритании, Nottingham Trent University, Nottingham, Великобритания

Организаторы конференции

ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», Санкт-Петербург
Учреждение Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), Санкт-Петербург
«Национальное общество имитационного моделирования», Россия

Международные соорганизаторы конференции

Общество Имитационного моделирования Великобритании (United Kingdom Simulation Society – UKSIM)
Латвийское общество имитационного моделирования (Latvian Simulation Society)
Средиземноморское и Латиноамериканское общество имитационного моделирования (International Mediterranean & Latin American Society of Simulation)

Информационная поддержка конференции

Учреждение Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), Санкт-Петербург
ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», Санкт-Петербург

Спонсоры конференции

Российский фонд фундаментальных исследований, Москва
Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН, Москва
«Национальное общество имитационного моделирования», Россия
ООО «Элина-Компьютер», Казань

**Международной научно-практической конференции
«Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских
транспортных систем» – «ИКМ МТМТС 2011»
Санкт-Петербург, 29 - 30 июня 2011 г.**

Первый день, 29 июня.

09.00 – 09.30. Регистрация участников, кофе – брейк.

09.30 – 10.00. Открытие конференции.

Вступительное слово. Юсупов Р.М., директор СПИИРАН, член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Санкт-Петербург

Доклады участников

1. 10.00 - 10.30

Применение универсальной системы имитационного моделирования GPSS World при проектировании судосборочных комплексов в составе современных судостроительных верфей. *Деятков В.В., Федотов М.В., ООО «Элина-Компьютер», Казань, Долматов М.А., Нисенбаум Р.С., ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург.*

Application of universal system of simulating modelling GPSS World at designing ship-assembly complexes in structure of modern ship-building shipyards. *Deviatkov V.V., Fedotov M.V., «ELINA-Computer» Ltd., Kazan, Nisenbaum R.S., Dolmatov M.A., JSC «SSTC», Saint-Petersburg.*

2. 10.30 - 11.00

Асимметричная морская война: PANOPEA симуляция пиратства для следований новых C2 решений. *Аугустино Бруццони, директор M&S Net, Альберто Тремори, университет DIPTEM, Генуи, Италия, Меркурьев Ю.А. Рижский ТУ, Рига, Латвия.*

Asymmetric Marine Warfare: PANOPEA a Piracy Simulator for investigating new C2 Solutions. *Agostino G. Bruzzone, M&S Net Director, Alberto Tremori, DIPTEM University of Genoa, Italy, Yuri Merkuriev, Riga TU, Latvia.*

3. 11.00 - 11.30

Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России. *Долматов М.А., Нисенбаум Р.С., Плотников А.М., Федотов Д.О., ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург.*

Simulating modelling as the tool of an estimation of engineering decisions by projects development of updating ship-building and ship-repair enterprises of Russia. *Dolmatov M.A., Nisenbaum R.S., Plotnikov A.M., Fedotov D.O., JSC «SSTC», Saint-Petersburg.*

4. 11.30 - 12.00

Модели и методы интермодальной транспортной логистики: состояние и перспективы развития. *Лукинский В.С., Шулъженко Т.Г., СПбГИЭУ, Соколов К.А., ОАО «Морской торговый порт «Усть-Луга», Санкт-Петербург.*

Models and methods for inter-modal transport logistics: current status and development prospects. *Lukinskiy V.S., Shulzhenko T.G., SPbGUEE, Sokolov K.A., JSC «Commercial Sea Port of Ust-Luga», Saint-Petersburg.*

5. 12.00 - 12.30

Имитационное моделирование для системы управления поставками. *Меркурьев Ю.А., Меркурьева Г., Быковска Я., Рижский Технический Университет, Рига, Латвия.*

Simulation-Supported Supply Chain Management. *Merkuryev Yu.A., Galina Merkuryeva G., Bikovska J. Riga Technical University, Riga, Latvia.*

6. 12.30 - 13.00

Имитационное моделирование морских грузовых терминалов на примере Новороссийского контейнерного терминала. *Глейм В.В., ООО «Экс Джей Текнолоджис», Санкт-Петербург.*

Simulation modeling of sea freight terminals based on the example of Novorossiysk container terminal. *Gleim V.V., «XJ Technologies» Ltd., Saint-Petersburg.*

13.00 - 13.30

Кофе-брейк

7. 13.30 - 14.00

Проблемы комплексного моделирования катастрофоустойчивых информационных систем, обеспечивающих интермодальные перевозки. *Соколов Б.В., Охтилев М.Ю., Зеленцов В.А., СПИИРАН, Санкт-Петербург, Фридман А.Я., Кольский филиал Петрозаводского ГУ, Апатиты, Мурманская обл.*

Problems of integrated modeling for disaster tolerance information systems which are supported inter-modal traffic. *Sokolov B.V., Okhtilev M.Yu., Zelentsov V.A., SPIIA RAS, Saint-Petersburg, Fridman A.I., ИММ ТР, Kola Science Centre RAS, Apatiti.*

8. 14.00 - 14.30

Моделирование морских транспортных систем на основе интеллектуальных геоинформационных технологий. *Осипов В.Ю., СПИИРАН, Санкт-Петербург.*

Modeling and simulation marine transport systems which is based on intelligent geo-information systems. *Osipov V.U., SPbIA RAS, Saint-Petersburg.*

9. 14.30 - 15.00

Разработка тренажеров грузовых операций на основе визуальной среды проектирования компонентных моделей сложных динамических систем. *Киптилий Д.В., Лебедев Д.В., Тарасов С.В., группа компаний ТРАНЗАС, Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б., Mvstudium Group, Санкт-Петербург.*

Working out of training apparatus of cargo operations on the basis of the visual environment of designing of componental models of difficult dynamic systems. *Kiptily D.V., Lebedev D.V., Tarasov S.V., Group of the companies Tranzas, Kolesov Yu.B., Senichenkov Yu.B., Mvstudium Group, Saint-Petersburg.*

10. 15.00 - 15.30

Моделирование безопасности порта. *Франческо Лонго, MSC-LES, Летизия Николетти, CAL-ТЕК Италия.*

Modelling Port Security. *Francesco Longo, dr., MSC-LES, Letizia Nicoletti, CAL-TEK Srl, Italy.*

11. 15.30 - 16.00

Использование имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых дизелей. *Медведев В.В., ГМТУ, Половинкин В.Н., ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова», Санкт-Петербург.*

Use of a simulation modeling for maintenance of reliability and safety of ship diesel engines. *Medvedev V.V., FMTU, Polovinkin V.N., Krilov's shipbuilding RC, Saint-Petersburg.*

12. 16.00 - 16.30

Мобильные обучающие решения, основанные на ST_VP: HLA виртуальная симуляция для обучения и виртуального прототипирования в пределах портов. *Марина Массеи, MISS DIPTEM, Альберто Тремори, университет DIPTEM, Генуя, Италия.*

Mobile Training solutions based on ST_VP: a HLA Virtual Simulation for Training and Virtual Prototyping within Ports. *Marina Massei, MISS DIPTEM University of Genova, Alberto Tremori, DIPTEM University of Genoa, Italy.*

13. 16.30 - 17.00

Анализ рынка морских контейнерных перевозок в РФ в 2010 – начале 2011 года. *Соколов В.К., ГИЭУ, Санкт-Петербург.*

The analysis of the market of sea container transportations in the russian federation in 2010 — the beginning of 2011. *Sokolov V.K., SPbGUEE, Saint-Petersburg.*

14. 17.00 - 17.30

Проектирование варианта доставки продукции при мультимодальных перевозках. *Пластуняк И.А., Носков А.А., СПбГИЭУ, Санкт-Петербург.*

Project of the variant of delivery of production at multimodal transportations. *Plastunyal I.A., Noskov A.A., SPbGUEE, Saint-Petersburg.*

17.30 - 18.30

Фуршет

Второй день, 30 июня: В.О., СПИИРАН, 14-ая линия, д.39.

09.00 – 11.00.

Круглый стол участников.

Panel Discussion

Прикладное моделирование и моделирование в морской окружающей среде:

- Моделирование судов и портов
- Морское моделирование для безопасности

Applied Modelling & Simulation in the Marine Environment:

- Simulating Ships and Ports
- Marine Simulation for Safety and Security

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Francesco Longo, Letizia Nicoletti.</i> Modeling port security	11
<i>Marina Massei, Alberto Tremori.</i> Mobile Training solutions based on ST_VP: a HLA Virtual Simulation for Training and Virtual Prototyping within Ports.....	21
<i>Agostino G. Bruzzone, Alberto Tremori, Yuri Merkurjev.</i> Asymmetric Marine Warfare: PANOPEA a Piracy Simulator for Investigating New C2 Solutions	32
<i>Merkuryev Yuri, Merkurjeva Galina, Bikovska Jana.</i> Simulation-supported supply chain management in the eclips project.....	50
<i>Глейм В. В.</i> Имитационное моделирование морских грузовых терминалов на примере новороссийского контейнерного терминала	55
<i>Девятков В. В., Федотов М. В., Долматов М. А., Ниссенбаум Р. С.</i> Применение универсальной системы имитационного моделирования GPSS World при проектировании судосборочных комплексов в составе современных судостроительных верфей.....	59
<i>Долматов М. А., Ниссенбаум Р. С., Плотников А. М., Федотов Д. О.</i> Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России	64
<i>Киптилый Д. В., Колесов Ю. Б., Лебедев Д. В., Сениченков Ю. Б., Тарасов С. В.</i> Объектно-ориентированный подход к разработке тренажера грузовых операций на море.....	70
<i>Лукинский В. С., Шульженко Т. Г. Соколов К. А.</i> Модели и методы интермодальной транспортной логистики: современное состояние и перспективы развития	77
<i>Медведев В. В., Половинкин В. Н.</i> Использование имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых дизелей.....	83
<i>Осипов В. Ю.</i> Моделирование морских транспортных систем на основе интеллектуальных геоинформационных систем	88
<i>Пластунок И. А., Носков А. А.</i> Проектирование варианта доставки продукции при мультимодальных перевозках	93
<i>Соколов Б. В., Охтилев М. Ю., Зеленцов В. А., Фридман А. Я.</i> Проблемы комплексного моделирования катастрофоустойчивых информационных систем, обеспечивающих интермодальные перевозки	97
<i>Соколов В. К.</i> Анализ рынка морских контейнерных перевозок в РФ в 2010 – начале 2011 года	100
Рефераты	104
Abstract.....	106
Информация об авторах	109

MODELING PORT SECURITY

Francesco Longo, Letizia Nicoletti (Italy)

1. INTRODUCTION

Starting from 1990 a continuous globalization has taken place concerning markets and relatives cargos as well as flow of people. It's well known that the 90% of world cargo moves by containers and the economic interests involved in such activities are the basis of global economy. At the same time the recent events testify that one of the fundamental terrorism goals is the complete destruction of these economic interests.

The seaports face today the same security problems of airports after September the 11th.

Considering only United States of America, we can easily understand the intrinsic difficulties of the port security problem. More than 317 ports of entry (air, sea and lands) and thousands of miles of borders receive millions of people as well as every type of goods (by means of containers) that yearly enter and exit from USA. Issues concerning with seaport security regard several aspects such as perimeter security, internal security and operative controls, maritime security, port community systems, decision support systems, prevention and emergency management and so on.

Answers to these issues obviously look in different directions such as access control and fencing surveillance, internal area monitoring, cargo equipment control as well as passenger and baggage control, water surveillance in front of piers and traffic control, risk analysis, emergency alarm systems. However when considering threats that can be placed within containers, two opposite needs should be considered: if from one side the only way to discover a threat is the container inspection from the other side the only way to improve container terminal performances is to handle the container in the least time (as soon as possible the container must leave the port).

Normative and standards are extremely clear about the guidelines for securing seaport activities; at present the most important normative and initiatives are the following:

- U.S. Custom service's Container Security Initiative (CSI);
- Customs-Trade Partnership Against Terrorism (C-TPAT);
- International Ship and Port facility Security code (ISPS code);
- U.S. Maritime Transportation Security Act of 2002;

Very often the major effort is in the prevention phase, people and goods must be inspected before leaving from the port of origin as for instance required by the Container Security Initiative (CSI) for containerized cargo. This policy allows, as explicitly said by the White House in 2002 "extensive pre-screening of low-risk traffic, thereby allowing limited assets to focus attention on high-risk traffic [and] use ... advanced technology to track the movement of cargo and the entry and exit of individuals".

It's important to stress that standards and normative help keep events like September 11 from happening establishing the right guidelines but they don't offer explanations about the choice of all the possible tools, methodologies and technological advances to secure seaport and relative activities and above all they don't directly deal with the impact of the security procedures on system performances.

Among the security issues previously mentioned, the container inspection phase plays a critical role because of threats that by means of containers can enter or exit a seaport. Focalizing on this aspect, the only way to jointly consider security and efficiency is the integration of all available container information in order to evaluate a container risk factor. The container risk evaluation allows to reduce the inspection times guarantying no additional delay

for low risk container as well as detailed inspections for containers that may pose a risk for terrorism.

The intrinsic difficulties related to tune such type of approach can be faced using simulation in order to estimate inspection phase effects and reliability as well as the impact on performance system of an emergency situation.

2. SECURITY INDEX FOR CONTAINERS SELECTION

In order to evaluate a risk or security index for each container entering the port it is necessary to consider several information sources. Suppose to subdivide the information sources in three main categories:

- container history information;
- container configuration information;
- alert information.

The container history essentially groups four information sub-categories:

- *vectors*, logistic companies that have transported the container until the present port;
- *nodes*, destination points before entering the present port;
- *vendor*;
- *regions*, previous country passed before entering the present port.

The container configuration reports information about the following characteristics:

- *container type*, such as 20 feet, 40 feet, reefer containers and so on;
- *good type*, goods characteristics transported inside the container;
- *manifest of non-conformity* noticed on container
- *security NC*

Finally the alert is defined by the following information:

- *security level* inside the port;
- *intelligence police* e relative reports about security issues;
- *port location*;
- *ship entering the port*.

All these information – opportunely used and combined by means of Data Fusion – bring to container risk index definition. Such risk index must be used in order to plan the container inspection.

Obviously, as previously mentioned, this type of approach cannot be tuned directly on the real system. An optimal solution is to test and tune the approach by means of a virtual environment. This virtual environment is made up by two fundamental parts:

- *Virtual Cargo Generator*
- *Seaport Simulation Model*

In the following part of the paragraph is reported a detailed description of *Virtual Cargo Generator*, please refer to next sections for *Seaport Simulation Model*.

The *Virtual Cargo Generator* provides virtual security scenarios to analyze by means of port simulation model and it is based on the information sources previously described. The logical steps followed by the *Virtual Cargo Generator* are:

- *Virtual Path* generation containing all the information relative to container history;
- *Virtual Cargo Configuration* reporting information about container characteristics;
- *Virtual Alert Scenario* regarding report and alert in a specific period of time;
- *Virtual Threat*, such as radioactive substances, narcotics, weapons (and so on) sitting in a container.

The Virtual Path, the Virtual Cargo Configuration and the Virtual Alert Scenario allow to define the container risk level, distinguishing between high risk, medium/high risk and low risk. The Virtual Threat could be discovered by means of inspection phase.

3. SEAPORT SIMULATION MODEL

If from one side a *Virtual Cargo Generator* has been created, providing in this sense several and different security scenarios, it is now necessary – from the other side – a *Seaport Simulation Model* that will be used to monitoring the container inspection phase reliability as well as the impact of different security level on the port performances.

In other words the entire virtual environment (union of *Virtual Cargo Generator* and *Seaport Simulation Model*) is used to carry out integrated distributed control with input consisting of various information flow opportunely combined by means of Data Fusion.

The simulation model has been implemented on the basis of a real container terminal. This containers terminal is characterized by 1200 meters of piers for docking operations. In particular the technical equipment in the docking area is made up by 12 cranes for unloading operations with tonnage in the range 30T to 65 T, height from 20 m to 40 m, outreach from 30 m to 50 m. Connections between Docking Area and Yard Area are assured by trucks. Containers storage in the Yard Area is performed using Transtainers with capability up to 50000 kg. Containers movements in the yard area are also performed using forklifts and top-loaders.

Containers enter and exit the terminal by trucks passing through the main gates, by trains using the rail as well as by means of local ships to reach other ports.

As required by the standards and normative (as for instance the *Container Security Initiative*, CSI) the ship cargo manifest is known 24 hours before ship leaving from the port of origin. For each ship entering the port a list of containers that must be subjected to inspection is consequently available.

The containers inspection phase is made up several and different operations aiming to analyze the container using gamma ray inspection, detector devices and checking container structure as well. These actions take a certain amount of time for each container.

Obviously during the inspection some anomalies can be detected. In relation to anomaly origin a particular security action is performed (requiring an additional interval of time). The resources used during the container inspection phase are:

- manpower used to perform all inspections operations;
- trucks used to move containers into the inspection area and to move containers during the inspection;
- space for containers, used to store containers before inspection.

In addition another important parameter is the percentage of container to be inspected (in order to study resources utilization).

Among the performance indexes, one of the most important for its critical role is the number of containers in output from the inspection phase.

The main idea is to evaluate the impact of some critical factors on the performance of the containers inspection operations. The critical factor are manpower to execute inspection operations, trucks to move containers to be inspected, space for containers storage before the inspection operations and percentage of containers to be inspected. variation on the number of containers in output from the simulation model. To this end a simulation model of the containers terminal has been implemented using a discrete event simulation software. The model implements all the port main activities as, for instance, ships arriving, containers unloading, containers movements toward storage area, containers movements toward inspection area, containers inspection phase, containers movement outside the port (see figure 1).

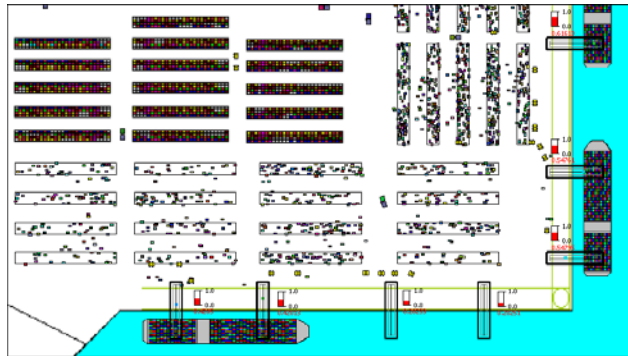


Figure 1: Simulation model of the container terminal

One of the most critical issue during the modelling phase is the number of entities moving in the simulation model. It's evident that the problem is caused by the high number of containers that could bring to have a simulation model computationally heavy (with problems during the graphic animation as well as the speed of the simulation).

This type of problem can be solved substituting the entity flow with an information flow. Consider, for instance, the containers directed to the yard area, actually this containers must not be inspected. Consequently it's only necessary to model the movement toward the yard area and to store in a data base all the information relative to the container without generate an entity corresponding to the container.

A similar method can be used during the ship unloading or loading phase. A single entity making a loop between berth and ship successfully model this activity.

Obviously the situation is quite different for what concern the containers inspection phase. In this case, due to the approach used to study the problem, it's necessary to create the entity container as well as the relative information.

It's extremely clear that a terminal container is a non-terminating system, the duration of a simulation run is not fixed. The first objective in this type of simulator is to understand the optimal length of a simulation run. To this purpose the *Mean Square Pure Error Analysis* (MSPe) has been used. Considering that the attention is focalized on the security problem and in particular on container inspection phase, the container mean waiting time before inspection and the container mean service time during the inspection were chosen as performance measures in order to establish, by means of MSPe, the optimal simulation run length. We finally evaluated an optimal simulation run length equal to 160 days.

DESIGN OF SIMULATION EXPERIMENTS

To reach the objective previously mentioned we used the Design of Experiment to plan the simulation runs. Since our aim was the analysis of parameters variations on the performance indexes container per day in output from the inspection, we have used the *factorial experimental design*. In this type of design the simulation runs are made for all possible level combinations of the factors taken into account, (see table 1).

Table 1

Factors and levels

Factor	ID	Level 1	Level 2
Percentage to inspection	F1	2% (-1)	10% (+1)
Trucks number	F2	1 (-1)	3 (+1)
Buffer space	F3	10 (-1)	50 (+1)
Manpower	F4	2 (-1)	6 (+1)

Considering only two levels for each factor we have a 2^4 design, in other words we need 16 different simulation runs. Previously analysis made on this simulation model have shown that, in order to obtain reliable statistical results it is necessary to replicate 2 times each simulation runs with a simulation length of 160 days ($16 \times 2 = 32$ replications).

It is important to underline that we deal with fixed factors, the objective of the work is to infer information about the values reported in table 1, and we are not interested on the entire population of the factors levels.

SIMULATION RESULTS ANALYSIS

The results obtained by the simulation runs have been analyzed by means of Analysis of Variance. The first step was the definition of a simple general linear input output model for the inspection phase. Let Y be the number of inspected containers per day, let x_i is equal to the F_i factors (with x_i varying between -1 and +1) and let β_{ij} the coefficients of the model. The equation 1 shows the linear model.

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^{j=k} \beta_j x_j + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (1)$$

As it's well known from the theory, the analysis of variance allows to evaluate those factors that have a real impact on the performance index considered, quantifying this impact or in other words, evaluating the coefficients in the equation 1 and deleting insignificant factors from the model.

The graphs in the figure 2 show the analysis of variance results in terms of the impact of the main factors effects on the performance index. Varying the percentage of containers that must be subjected to inspection from 2% to 10% the number of containers effectively inspected per day increases until 200 (the assumption of linearity cannot be totally accepted as we will better explain in the next paragraph).

The effects of manpower and truck availability are almost the same. Varying the number of trucks from 1 to 3 and the number of manpower from 2 to 6 it's possible to see an increment from 100 to 180 containers inspected per day.

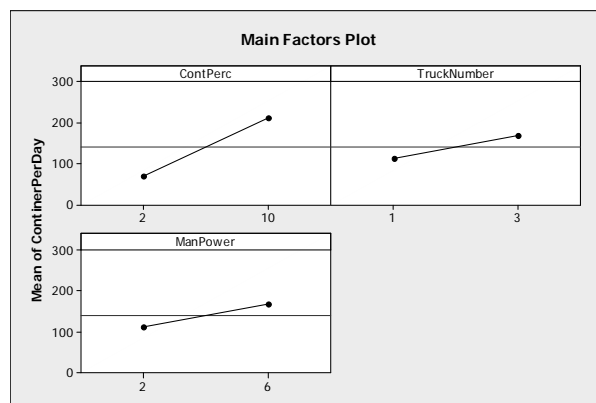


Figure 2 - Main effects

The figure 3 reports the 2-way interactions. For low percentage of containers that must be subjected to inspection the addition of new trucks or more manpower doesn't increase the number of inspected containers per day. The behavior is completely different for high percentage value, as we can see from the red line in the second and in the third square in the upper part of figure 3.

These results are also confirmed by the other 2-way interactions graphs. The fork between black line and red line becomes bigger as the percentage of containers that must be subjected to inspection becomes higher.

The trend is quite different for the other 2-way interactions (the increase in the black line red line fork is smaller than the previous case).

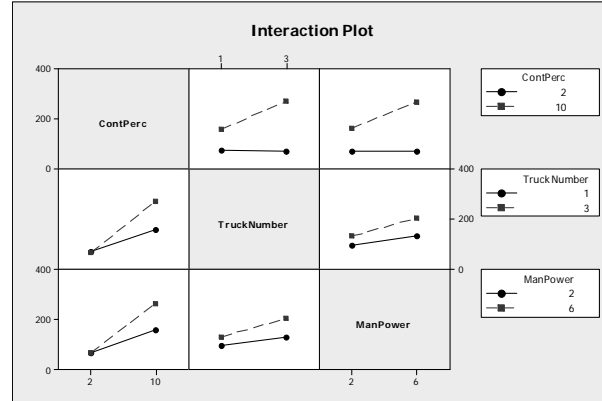


Figure 3 – Two-way interactions

The equation 2 reports the general linear model and the relative coefficients in output from the analysis of variance.

$$Y = 140.72 + 71.97 * x_1 + 27.53 * x_2 + 27.22 * x_3 - 28.78 * x_1x_2 - 26.72 * x_1x_3 - 9.03 * x_2x_3 \quad (2)$$

TESTING A QUADRATIC MODEL

The validity of the analysis of variance must be checked by means of residuals analysis. The starting hypotheses of ANOVA are the following:

- observations normally distributed;
- observations independently distributed;
- same variance for any combination of levels of factors.

The residuals analysis, made using some graphic tools (as for instance normal probability plot, histogram of residuals, and plot of residuals versus observations order) shows that the initial hypothesis cannot be completely accepted.

In this context it's important to say that a potential problem in the analysis of variance with factors characterized by two levels is the assumption of linearity. Considered the results of residuals analysis we decided to test for some curvature in the input-output model. The simplest method that gives protection against curvature consists of adding center points in the 2^k design. If the difference between the average value of the performance index at the factorial points and the average value of the performance index at the replicated center point is not small, we can assume the presence of curvature in the model.

Consequently the addition of the center points in the 2^k design add to the model the pure quadratic effects, as reported in equation 3.

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^{j=k} \beta_j x_j + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^{j=k} \beta_{jj} x_j^2 \quad (3)$$

Therefore the ANOVA has been repeated considering center points and results show that the hypothesis of curvature in the model can be accepted.

The ANOVA results can be further analyzed by means of *Pareto Chart of Standardized Effects* and by *Normal Probability Plot for Standardized Effects*, see respectively figure 4 and figure 5. From both graphs it's possible to highlight the importance of the main effects and the 2-way interactions effects.

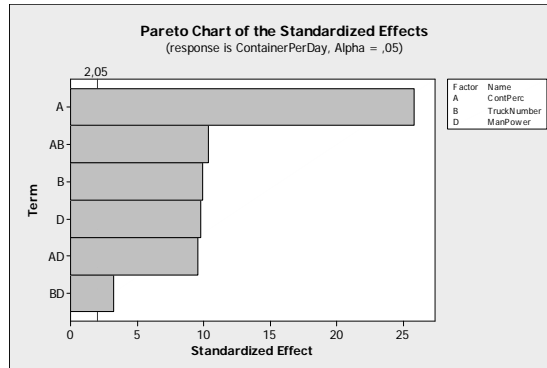


Figure 4 – Pareto Chart

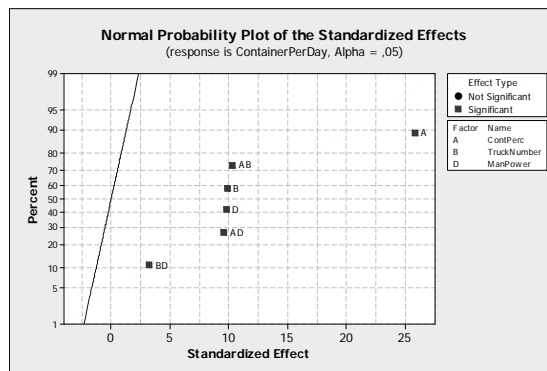


Figure 5 – Normal Probability Plot

At last the repeated residuals analysis shows that the all the starting hypothesis of the Analysis of Variance can be accepted.

The deviation of observations from the normality is not severe (see figure 6, normal probability plot) as well as we can accept the hypothesis of same variance for any combination of the levels of the factors (figure 6, Residuals versus the fitted value) and the hypothesis of residuals independently distributed (figure 6, histogram of residuals).

IMPACT INSPECTION OPERATIONS ON CONTAINER TERMINAL PERFORMANCES

Finally an additional analysis has been carried out. In relation to value assumed by the container risk index (in output by the container risk evaluation phase) the container itself will be subjected to a particular type of inspection.

The inspection phase implemented in the *Seaport Simulation Model* is made up by five stations, respectively:

- Radiation Screening;
- Chemical Screening;
- Biological Screening;
- Gamma Ray Inspection;
- Full Inspection.

It's extremely clear the possibility to jointly use the *Virtual Cargo Generator* and the *Simulation Model* to test and improve the control reliability.

In fact if from one side it is not known the potential threat inside a container, from the other side all the container information are used in order to classify the container dangerousness and choose the right order inspections. Several simulation runs have been made to monitor the inspection phase reliability in terms of discovered threats.

Besides taking into consideration some performance indexes (such as moved TEU per Portainer or moved TEU per berth length) it's possible to analyze the impact on the system performances of different security level (see figure 7).

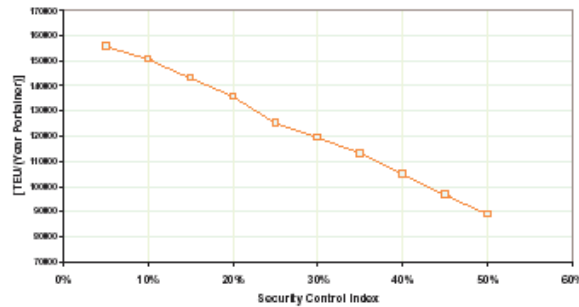


Figure 7 – System performance versus security level

The simulation model allows to compare different solutions for the inspection phase. A particular scenario has been analyzed introducing some new portable equipment for the inspection phases and grouping (thanks to new equipment) the radiation screening, the chemical screening and biological screening in one phase. The consequence is a container waiting time and container service time reduction. The effects can also be seen on system global performances.

Figure 8 shows the difference per year per portainer between the two different inspection solutions underlying the positive effects of new portable equipment as well as grouping phases.

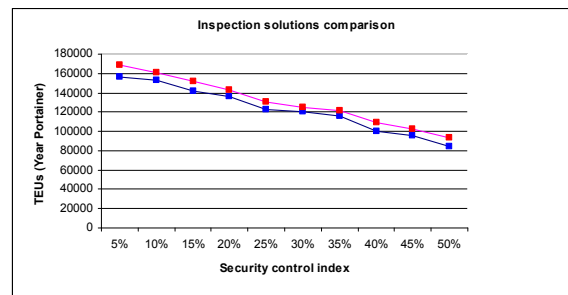


Figure 8: Two possible inspection solutions

CONCLUSIONS

Several and different analysis regarding the containers inspection phase have been made, aiming to quantify the impact of different design parameters on the number of inspected containers per day.

In particular it has been analyzed the effect of four important parameters: percentage of containers that must be subjected to inspection, number of available trucks, buffer space for containers storage before inspection and manpower.

From the initial analysis it is resulted that the buffer space has no impact on the performance index considered, on the contrary the remaining factors, including the 2-way inter-

actions must to be considered as significant factors. In addition the coefficients from a general linear input-output model of the inspection phase have been found.

The successive residuals analysis has shown some problems with the initial ANOVA assumptions so it was decided to check for some curvature in the model adding 5 replicated center point to the 2^k design.

The results obtained by the new analysis of variance have confirmed that the hypothesis of a linear model must be rejected in favor of quadratic model. At last the repeated residuals analysis confirms the goodness of the results obtained by means of ANOVA.

Furthermore the impact of different security levels on the container terminal efficiency has been evaluated. The results show that (i) higher security levels negatively impact port efficiency and (ii) new portable equipment or different inspection solutions may positively affect port efficiency.

REFERENCES

- Altiock T. (2005) "I-GERT", NSF Report / Rutgers University, Piscataway NJ
- Ballou R. (2003) "Business Logistics/Supply Chain Management", Prentice Hall, Readings.
- Banks J., "Handbook of simulation", Wiley Interscience.
- Bocca E., Longo F., M. G., Viazzo S. (2005). Developing Data Fusion systems devoted to security control in port facilities. In: Winter Simulation Conference. Orlando, Florida, USA, December 3rd – 8th, p. 445-449
- Bruzzone A.G., S. Viazzo, F. Longo, G. Mirabelli, E. Papoff, C. Briano, M. Massei, "Discrete event simulation applied to modelling and analysis of a supply chain", Proc. of MAS 2004, Bergeggi (Ge) 28-30 October.
- Bruzzone A.G. (2005) "GLOWS", DIPTTEM Press Genoa, Italy
- Bruzzone A.G, Orsoni A., Giribone P. (2003) "Fuzzy and Simulation Based Techniques for Industrial Safety And Risk Assessment", Proc. of ICPR, Blacksburg VA USA, August 3-7.
- Bruzzone A.G., Mosca R. (1998). Introduction to the Harbour and Maritime Simulation Special Issue, Simulation, Vol.71, no.2, pp.72-73
- Bruzzone A.G., Signorile R. (1998). Simulation and Genetic Algorithms for Ship Planning and Shipyard Layout, Simulation, Vol.71, no.2, pp.74-83
- Bruzzone A., Signorile R. (2001). Container Terminal Planning by Using Simulation and Genetic Algorithms. Singapore Maritime & Port Journal, pp. 104-115
- Bruzzone A.G., M.E., Cotta G., Cerruto M. (1997) " Simulation & Virtual Reality To Support The Design Of Safety Procedures In Harbour Environments ", Proceedings of ITEC97, Lausanne (CH), April 22-25
- Curcio D., Longo F. (2009). Inventory and Internal Logistics Management as Critical Factors Affecting the Supply Chain Performances. International Journal of Simulation & Process Modelling, vol. 5(4); p. 278-288.
- De Sensi G., Longo F., M. G. (2008). Inventory policies analysis under demand patterns and lead times constraints in a real supply chain. International Journal of Production Research, vol. 46(24); p. 6997-7016.
- Fischer R., Green G. (2003) "Introduction to Security", Butterworth-Heinemann
- Longo F, M. G., Bruzzone A.G. (2005). Container handling policy design by simulation framework. In: International Conference Harbour, Maritime & Multimodal Logistics Modeling and Simulation. October 20th – 22nd 2005, Marseille, France
- Longo F., M.G. (2008). An Advanced Supply Chain Management Tool Based on Modeling & Simulation. Computers & Industrial Engineering, vol. 54/3; p. 570-588, ISSN: 0360-8352
- Longo F. (2010). Design And Integration Of The Containers Inspection Activities In The Container Terminal Operations. International Journal of Production Economics, vol. 125(2); p. 272-283, ISSN: 0925-5273.

- Merkuryev Y., Bruzzone A.G., Merkuryeva G., Novitsky L., Williams E. (2003) "Harbour Maritime and Multimodal Logistics Modelling & Simulation 2003", DIP Press, Riga, ISBN 9984-32-547-4 (400pp)
- Marine Log (2004) "Jitters as ISPS/MTSA deadline nears", Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha
- Marine Log (2004) " MTSA and ISPS: final rules issued", Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha
- Marine Log (2003) "IMO wants early ISPS implementation", Simmons-Boardman Publishing Corporation, Omaha
- Safety at Sea International (2003) "What will be the cost of ISPS? As ports and shipping companies race to comply with an extremely tight deadline to meet the IMO security requirements", DMG World Media, London
- Security Management (2003) "IMO sets course for port security", American Society for Industrial Security, Alexandria
- Sennewald C. (2003) "Effective Security Management", Butterworth-Heinemann
- Signorile R., Bruzzone A.G. (2003). Harbour Management using Simulation and Genetic Algorithms. Porth Technology International, Vol.19, Summer2003, pp163-164
- Shepard S.(2004) "RFID", McGraw Hill, NYC
- Tyska L., Fennelly L. (2001) "Cargo Theft Prevention: A Handbook for Logistics Security", American Society for Industrial Security

MOBILE TRAINING SOLUTIONS BASED ON ST_VP: A HLA VIRTUAL SIMULATION FOR TRAINING AND VIRTUAL PROTOTYPING WITHIN PORTS

Marina Massei, Alberto Tremori (Italy)

1. INTRODUCTION

Training is a critical issue in many different framework; in fact currently new concept such as mobile training are evolving thanks to the support of new enabling technologies; therefore it is important to identify the aspects and requirements for these applications, from this point of view it is critical to proceed on the definition.

Vavoula and Sharples say that there are “three ways that learning can be considered mobile: in term of space, in different areas of life and with respect of time”. Today there is a growing importance in developing new methodologies for delivering training services: mobile training laboratories, mobile training programs, ad hoc equipment and trainers. In general sense, it is considered an efficient means of providing education and training even if affected by limitations (i.e. devices, design)



Fig.1 Mobile Training Solution based on 40' Hi-cube Container

In fact, some difficulties rise designing models for specific training scenario, such as: formalization level of highly specialized expertise, competencies based on concrete know-how or on theoretical knowledge, etc. Usually, trainees need a mix of practical competencies, experience, know-how and theoretical competencies. According to Pieri and Diamantini a possible solution could be a blended learning model, which is a combination of different approaches and strategies to make teaching/learning process effective and “customized”. By using mobile training and lectures it is possible to get the most from advances in technology and traditional well known face to face training

Based on this possibility, training programs should be designed taking into account the integration of different educational methods, from traditional classes to distance learning, with special attention on lifelong learning.

2. MOBILE TRAINING DESIGN

In order to develop an effective model, useful for the development of training materials and the design of procedures for mobile training, it is fundamental to have a clear under-

standing of the mobile training as a mix of technology, human capacities and social interaction [Marguerite L. Koole].

To design effective mobile training modules it is important to assess the utilization of the following aspects within a mobile training system:

- Device: is important to assess these characteristics because mobile training device, such as a simulator, provide the trainee and the training task with an interface
- Trainee: take into account trainee's abilities, knowledge, motivations
- Social aspect: takes into account the processes of social interaction and cooperation. The rules of cooperation are fundamental in order to exchange information and acquire knowledge.

In fact only the interaction among the cited aspects provides the trainees with the proper feedback, which is the only way to acquire and maintain knowledge, experiences etc.

Therefore, a simulator for training purposes should:

- Be "user friendly" in order to increase success rates, because the trainee could concentrate on the tasks rather than the tool
- Make possible information exchange and collaboration among people with different goals and purposes
- Take into account the needs of trainees as people with different backgrounds, cultures and environments
- Be effective enabling trainees to interact with trainers, courses and virtual environments

Summarizing, an effective mobile training results from the integration of simulator, trainee and social aspects.



Fig. 2 Aspects to be considered for an effective Mobile Training

3. A MOBILE TRAINING EXAMPLE: VIRTUAL PORT FOR REAL OPERATORS

The authors experienced an innovative mobile training solution by developing a new training equipment for ports titled ST_VP (Virtual Port developed by Simulation Team); ST_VP is an HLA-based Real Time Distributed Simulation application for Training purposes, taking into account operators training and education, handling safety, operative efficiency.

Based on these conditions, an entire virtual world has been designed including surrounding areas, roads, container yard, different type of yard cranes, ship cranes, ships etc. In

addition, ST_VP is based on modular approach that guarantee extensibility and interoperability for the dissemination of simulation techniques as Mobile Training Tool.



Fig.3 - Virtual Yard with Virtual Trucks and Virtual Copter



Fig. 4 - Virtual Portainer operating on Virtual Ship

The ST_VP structure is based on High Level Architecture and allows to connect multiple models representing different systems where to conduct the training, by this approach it becomes possible to generate scenarios with multiple objects interacting. This aspect represents a real important concept in training simulation, moving from training on a single system to an environment for cooperative and competitive training. In fact ST_VP deals mostly with Ports, Terminals, Cranes and vehicles with different purposes: training single operators, training the operative squad in procedures, etc.

For these reason a wide range of configurations and operative applications are available, from operating stand alone on a single workstation to creating a federation of cranes interacting in a networks.

Therefore through simple MMI (man-machine interface) it is possible to configure a large set of position that can quickly changed from cranes to truck for creating complex cooperative scenarios; the ST_VP is designed to integrate scalable solutions (i.e. video games interfaces, laptops, workstations, 6 degrees of freedom mobile platforms, etc); by this approach

it becomes possible to define cooperative operations where different teams are working concurrently in order to improve efficiency.

In order to support the mobile training several features have been introduced in ST_VP:

- Scalable Hardware Platforms and MMI: this allows to create different configurations able to be relocated quickly based on the current training needs; it is possible to create sessions with extended number of players very quickly.
- Mobile Training Framework: ST_VP is encapsulated in a real Container (40' high cube) that has been transformed in a mobile lab including all the ST_VP elements (computers, mobile platforms, MMIs, biomedical devices, interactive whiteboard, network infrastructure, cameras etc.); the ST_VP Container is designed to operate in extreme weather conditions and it is powered by flexible solution enabling it to operate in Europe, America or Africa; in addition the ST_VP Container have security solutions for protecting him against threats (i.e. firewalls, cameras, alarms, gps).
- Integration with blended education solutions: by this approach it is possible to remotely access the ST_VP Container, wherever in the world, seeing internal activities, communicating with the trainer/trainees and even downloading actions and exercise for remote analysis and evaluation; the trainees are enabled to access a e-learning platform based on Moodle for reviewing exercises and notes from the instructor.
- Tailoring Capabilities: the modular nature of ST_VP, the library of entities and the easy capability in changing the scenario allows to readapt the training to different ports and terminals with different cranes/vehicles, different procedures and different layouts.

In fact in the case of ST_VP it was decided to identify different type of elements supporting mobile training from two different point of view: Direct Supports devoted to help directly the mobility of the training infrastructure and framework service supporting mostly the adaptability of the simulator for being used in different place, so providing him opportunities and capabilities for being relocated; in this sense it is possible to classify in these two categories the following elements:

Direct Support

- Mobile Lab in a Standard 40' Container for easy Shipping
- HVAC ("Heating, Ventilating, and Air Conditioning") designed for facing extreme conditions for operating in any location
- Flexible Power able to support the different standards that are available in the different countries and continents
- Compact CAVE: cave 270 horizontal degrees and 135 vertical degrees operating within 2.2 x 2 meters
- Easy Packaging for shipping of the components in compact solutions inside (tailored configurations for specific users) or outside (lean configurations for basic use) of container

Framework Services

- HLA and Modular Approach for easy reconfiguration of scenarios and players
- Scenario Tailoring and Library supporting easy configuration on the specific training scenarios
- Integration with several user interfaces allowing to access both game engine and professional platforms for extending the number of players
- Blended Education Platform possibility to remote access to the services by trainers (remote instructor) and trainees (reviewing their activities and educational material)

- Biomedical Device Integration supporting direct measure of the trainee physical conditions and stress level during sessions provide support to complete quick comparison among different training sessions in different frameworks

The ST_VP federation includes several federates:

- Portainer: allows the operator to practice a gantry crane in different scenarios. The operator can virtually load and unload container from a ship, in a virtual dock where different portainers work simultaneously.
- Control & Debriefing: the trainer is provided with capability to navigate the virtual environment and to control the scenario configuration (i.e. set number of containers and operative straddle carriers, number and type of ships in port and number of trains) and to set weather conditions (i.e. time, weather condition, wind and sea condition). In addition the trainer is enabled to activate on-line with the on-going simulation simultaneous debriefing sessions for immediate review of results.
- Truck, reach stacker, straddle carrier, wheel transtainer, rail transtainer, bridge crane, heavy crane federates: they dramatically improve the quality of the training session enabling each trainee to practice different vehicles/cranes in multipurpose operation.

The simulator automatically generates the missions: the user can define for every single operator which container has to be moved and the new position/destination to be reached.

The mission can be “multiple destinations”, in other words the trainee could be asked for moving the container from a yard allocation or a truck trailer and back again. Also, different levels of complexity can be selected, extra-move included, based on the necessities.

The adopted solution for the federation architecture enable the interaction among several vehicles.

Furthermore, the authors use extensively a network of experts in Simulation for Port Logistics as well as DIPTTEM laboratories in order to guarantee a successful VV&A.

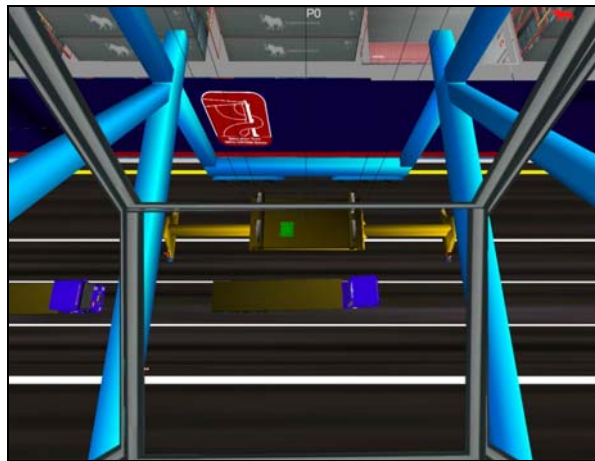


Fig. 5 Virtual Operation involving Virtual Ship and Virtual Truck

4. SIMULATION: AN AFFORDABLE MEANS OF PROVIDING TRAINING

The present study represents an interesting example in the field of Simulation for Mobile Training, the final users take advantage from low cost interactive distributed HLA-based environment which runs on PC equipped with simple devices (basic configuration) or becomes a mobile classroom once containerized with mobile platform and cave (full configuration).

In fact Ports represent a wide set of scenarios where different configurations are present: very different processes using often similar devices; in addition Ports are characterized

by different size and needs, so it is very important to tailor the training; for instance ST_VP is currently in use in two Mobile Labs and at the same time are operating in light configuration for specific purposes in several continents.

In general sense, the “mobile” approach makes possible to extend the application of simulation as training support system in new areas, effectively facing interaction, cooperation, competition in a wide range of scenarios, with significant cost saving as well.



Fig. 6 Effective Mobile Training Solution: ST_VP

In the proposed case, ST_VP represents an innovative mobile training based on simulation; therefore with reference to port crane training, it is presented the benefit related to the use of a mobile training respect traditional solutions; the cases are represented by:

- Innovative Mobile training based on Simulation
- Traditional Mobile Pack with Crane Simulator
- Traditional Containerized Crane Simulator
- Fixed Solution for Crane Simulator
- Traditional Training on a Real Crane

The target functions to be evaluated are the number of ports to be tested and the number of people to be trained, in addition another important factor it is the time of direct training (operator interacting with the equipment) vs. the frontal lectures and observation of other people operating; another important factor is related to training costs. It is important to measure even the capability to reproduce a specific scenario; so these factors are estimated as following just considering the crane operation exercises:

$$T_{tot} = \begin{cases} \alpha < 1 & n_s [T_{tr} + n_p (T_{ivi} + T_{tri})] + T_{st} + T_{ta} + T_{sh} \\ \alpha = 1 & n_s [T_{tr} + n_p T_{tri}] \end{cases}$$

$$N_{ports} = \frac{uc \cdot P}{T_{tot}}$$

$$Ex = T_{tr} \cdot \left(\frac{\alpha \cdot rcr + (1 - \alpha) \cdot vcr \cdot pu}{n_p} \right)$$

$$C_{tot} = \begin{cases} \alpha < 1 & T_{tot} (Is + (\alpha \cdot Arcr + lc) + (1 - \alpha) \cdot Aver) + C_{st} + C_{ta} + C_{sh} \\ \alpha = 1 & T_{tot} (Is + Arcr + lc) \end{cases}$$

T_{tot}	Total Training Time for a Site
n_s	Number of sessions on a Site
α	Percentage of time on real crane respect Simulation
T_{tr}	training time

uc	use of the time frame for training (i.e. 8 hours per days, 5 days/week)
p _u	number of users concurrently training on the simulator
lc	production losses due to unavailability of the realcrane
rcr	number of real cranes
vcr	number of virtual simulators
T _{tvi}	student transition time on simulator
T _{tri}	student transition time on real crane
T _{st}	setup time for the mobile solution
T _{ta}	time for tailoring scenario for the mobile solution
T _{sh}	time of shipping for the mobile solution
P	Period available for training
N _{ports}	Number of serviced Ports over P timeframe
Ex	Trainee time operating directly
n _p	number of people in a training session
C _{tot}	Total Costs on a Site including all sessions
Is	Instructor Cost
Arcr	Time Cost for using real crane
Avcr	Time Cost for using virtual crane
C _{st}	setup cost for the mobile solution
C _{ta}	cost for tailoring scenario for the mobile solution
C _{sh}	cost of shipping for the mobile solution

Table I - Comparison Scenario with Tailoring

		Mobile Training	Containerized Simulator	Pack Simulator	Fixed Simulation	Real Crane	
ns	Number of sessions on a Site	3	3	3	3	3	[sessions]
alfa	percentage on real crane	0.5	0.5	0.5	0.5	1	
Pu	parallel trainees on simulator	4	1	1	1	1	[people]
Ttr	training time	40	40	40	40	40	[hours]
Ttvi	student transition time on simulator	2	2	2	2	2	[minutes]
Ttri	student transition time on real crane	0	0	0	0	2	[minutes]
Tst	setup time for the mobile solution	0.5	1	0.2	0	0	[days]
Tta	time for tailoring scenario for the mobile solution	1	20	20	20	0	[days]
Tsh	time of shipping for the mobile solution	3	3	3	3	0	[days]
rcr	number of real cranes	0	0	0	0	1	
vcr	number of simulated cranes	4	1	1	1	0	
P	Period available for training	6	6	6	6	6	[months]
n _p	number of people in a training session	4	4	4	4	4	
Is	Instructor Cost	50	50	50	50	50	[Euro/h]
Arcr	Time Cost for using real crane	171	171	171	171	171	[Euro/h]
Avcr	Time Cost for using virtual crane	175	263	44	219	175	[Euro/h]
C _{st}	setup cost for the mobile solution	1000	1000	1000	1000	0	[Euro/movement]
C _{ta}	cost for tailoring scenario for the mobile solution	1000	20000	20000	20000	0	[Euro/scenario]
C _{sh}	cost of shipping for the mobile solution	1000	2500	1000	64000	0	[Euro/movement]
lc	loss of productivity	0	0	0	0	2325	[Euro/hour]

Table II - Results on Scenario with Tailoring

		Mobile Training	Containerized Simulator	Pack Simulator	Fixed Simulation	Real Crane	
T _{tot}	Total Training Time for a Site	228.8	696.8	677.6	672.8	120.4	[hours]
N _{ports}	Number of serviced Ports over P timeframe	4.62	1.52	1.56	1.57	8.77	[ports]
Ex	Trainee time operating directly	25	10	10	10	10	[hours]
C _{tot}	Total Costs on a Site including all sessions	54,099	209,682	128,753	250,015	306,566	[euro/site]

It is important to note that tailoring represent a critical factor for training effectiveness; therefore this factor is hard to be effective in real crane simulator: if the real crane works off line of the real production it not very realistic (i.e. not operating on a ship, not lanes of trucks) and introduces very high costs, viceversa operating on real procedure (real crane, real ship etc.) it involves high risk in damaging high value equipments as well as creating problems in

operations; for instance in a sector where cranes have a cost of 1/10 of the ports the impact of maintenance costs related to training session was estimated in about 40 kEuro/year per crane; for traditional simulators tailoring is very limited too, due to the predefined scenario and the impossibility to create the procedures on-going in each terminal; therefore training is very peculiar and the above scenario is estimated based on mean values by subject matter expert estimations (Bruzzone, Vio, Capasso 2000; Bruzzone, Tremori, Capasso 2009).

Therefore it is interesting to present even the results without considering any requirement for tailoring that are reported in table III and IV.

Table III - Comparison Scenario without any Tailoring

		Mobile Training	Containerized Simulator	Pack Simulator	Fixed Simulation	Real Crane
ns	Number of sessions on a Site	3	3	3	3	3 [sessions]
alfa	percentage on real crane	0,5	0,5	0,5	0,5	1
Pu	parallel trainees on simulator	4	1	1	1	1 [people]
Ttr	training time	40	40	40	40	40 [hours]
Ttvi	student transition time on simulator	2	2	2	2	0 [minutes]
Ttri	student transition time on real crane	0	0	0	0	2 [minutes]
Tst	setup time for the mobile solution	0,5	1	0,2	0	0 [days]
Tta	time for tailoring scenario for the mobile solution	0	0	0	0	0 [days]
Tsh	time of shipping for the mobile solution	3	3	3	3	0 [days]
rcr	number of real cranes	0	0	0	0	1
vcr	number of simulated cranes	4	1	1	1	0
P	Period available for training	6	6	6	6	6 [months]
np	number of people in a training session	4	4	4	4	4
Is	Instructor Cost	50	50	50	50	50 [Euro/h]
Arcr	Time Cost for using real crane	171	171	171	171	171 [Euro/h]
Avcr	Time Cost for using virtual crane	175	263	44	219	175 [Euro/h]
Cst	setup cost for the mobile solution	1000	1000	1000	1000	0 [Euro/movement]
Cta	cost for tailoring scenario for the mobile solution	0	0	0	0	0 [Euro/scenario]
Csh	cost of shipping for the mobile solution	1000	2500	1000	64000	0 [Euro/movement]
lc	loss of productivity	0	0	0	0	2325 [Euro/hour]

Table II - Results on Scenario without any Tailoring

		Mobile Training	Containerized Simulator	Pack Simulator	Fixed Simulation	Real Crane
Ttot	Total Training Time for a Site	204,8	216,8	197,6	192,8	120,4 [hours]
Nports	Number of serviced Ports over P timeframe	5,16	4,87	5,34	5,48	8,77 [ports]
Ex	Trainee time operating directly	25	10	10	10	10 [hours]
Ctot	Total Costs on a Site including all sessions	47,739	61,428	33,131	112,287	306,566 [euro/site]

It is evident the great benefits of innovative mobile training solution such as that one proposed by ST_VP respect traditional training on real crane and even respect old style simulators as summarized by the following figures.

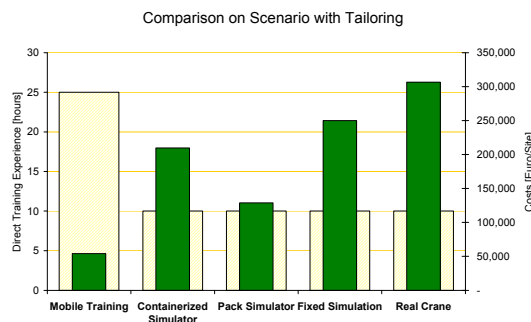


Fig. 7a Benefits of Mobile Training in Effectiveness and Costs with Scenario Tailoring

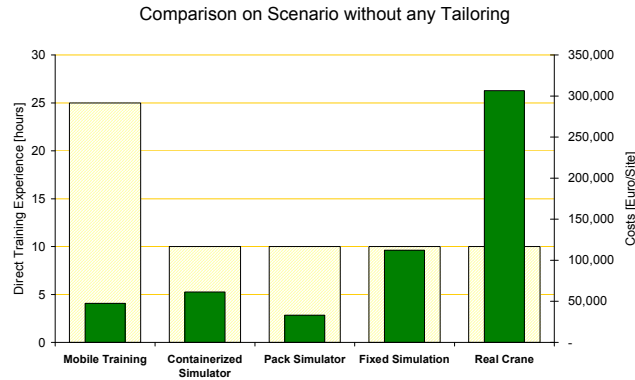


Fig. 7a Benefits of Mobile Training in Effectiveness and Costs without any Scenario Tailoring

CONCLUSION

This paper introduces the concepts of Mobile Training and provides an example of a simulator that is enabling these concepts; from this point of view it is important to identify the features and requirements that support the Mobile Training not only in terms of direct support, but even as framework service guaranteeing usability within this paradigm.

In fact the example of ST_VP, developed by the Simulation Team, provides a unique opportunity, due to the high level of flexibility, to improve existing training procedures or to develop new ones, giving the authors the chance to tackle a very serious problem in the related application area. The approach outlined here provides an overview of the elements that supported a Mobile Training solution taking into account the positive follow-up of innovative techniques applied to a sector that is not very familiar with simulation such as maritime environments; the results obtained demonstrated significant benefits in terms of training effectiveness; therefore the most interesting benefits obtained are related to the big increase in number of terminals, ports and operators that could benefit from this Mobile Training approach with a cost reduction. Finally the proposed research aims to deliver a training approach that has potential for further implementation in other sectors.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are very glad to thank Agostino Bruzzone, Paolo Fadda, Enrico Bocca, Federico Tarone, Gianfranco Fancello and Salvatore Capasso for their support in applying these concepts development within training programs for Port Activities.

REFERENCES

- [1] Vavoula G.N. Sharples M.Kleos (2002) "A personal Mobile, Knowledge, and Learning Organisation System" In Milrad, M.Hoppe, H.U. and Kinshuk (Eds) in Proc.of the IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education" WMTE'02 pp.155-156 Los Alamitos, USA
- [2] Pieri M. Diamantini D.(2009) "From E-learning to Mobile Learning: New Opportunities" in "Mobile Learning Transforming the Delivery of Education and Training" Edited by Mohamed Ally, AU Press, ISBN 978-1-897425-44-2
- [3] Koole M.L. (2009) "A Model for Framing Mobile Learning" in "Mobile Learning Transforming the Delivery of Education and Training", Mohamed Ally, AU Press, ISBN 978-1-897425-44-2

- [4] Bluemel E. (1997) "Managing and Controlling Growing Harbour Terminals", SCS Europe BVBA, Ghent, Belgium
- [5] Bontempi, Gambardella, Rizzoli (1997) "Simulation and Optimization for Management of Intermodal Terminals", Proc. of ESM97, Istanbul
- [6] Bruzzone A.G. (1995) "Fuzzy Logic and Genetic Algorithms Applied to the Logistical and Organisational Aspects of Container Road Transports", Proc. of ESM95, Praha, June 5-7
- [7] Bruzzone A.G., Kerckhoffs (1996) "Simulation in Industry", Genoa, Italy, October, Vol. I & II, ISBN 1-56555-099-4
- [8] Bruzzone A.G., Giribone P. (1998) "Decision-Support Systems and Simulation for Logistics: Moving Forward for a Distributed, Real-Time, Interactive Simulation Environment", Proceedings of the Annual Simulation Symposium IEEE, Boston, 4-9 April
- [9] Bruzzone A.G., Mosca R. (1998) "Introduction to the Harbour and Maritime Simulation Special Issue", Simulation, Vol.71, no.2, pp.72-73, August
- [10] Bruzzone A.G., Signorile R. (1998) "Simulation and Genetic Algorithms for Ship Planning and Shipyard Layout", Simulation, Vol.71, no.2, pp.74-83, August
- [11] Bruzzone Agostino (1999) "Port Terminal Simulators as Main Supports for Design, Training & Management", Proc. of Port Logistics99, Alexandria, Egypt, Feb 14-16
- [12] Bruzzone A.G., Merkurjev Y.A., Mosca R. (1999) "Harbour Maritime & Industrial Logistics Modelling & Simulation", SCS Europe, Genoa, ISBN 1-56555-175-3
- [13] Bruzzone A.G., Mosca R., Revetria R., Rapallo S. (2000) "Risk Analysis in Harbour Environments Using Simulation", International Journal of Safety Science, Vol 35, ISSN 0925-7535
- [14] Bruzzone A.G., Vio F., Capasso S. (2000) "MOSLES: Modelling & Simulation for Transport and Logistic Educational Support", Proceedings ITEC2000, The Hague, April
- [15] Bruzzone A., Signorile R. (2001) "Container Terminal Planning by Using Simulation and Genetic Algorithms", Singapore Maritime & Port Journal, pp. 104-115 ISSN 0219-1555.
- [16] Bruzzone A.G., Mosca R., Revetria R. (2002) "Cooperation in Maritime Training Process using Virtual Reality Based and HLA Compliant Simulation", Proceedings of XVIII International Port Conference, Alexandria Egypt, January 27-29
- [17] Bruzzone A.G., P. Fadda, G. Fancello, E. Bocca, G. D'Errico, A. Tremori (2008) "Ship-To-Shore Gantry Crane Simulator Design ", *Proc. of HMS2008*, September 17-19, 2008, Campora S.Giovanni (CS), Italy
- [18] Bruzzone A.G., Massei M., Tremori A., Longo F., Madeo F. (2010) "Innovative Simulation for Mobile Training", Proc. of WAMS2010, Buzios Brazil, May
- [19] Bruzzone A.G., Tremori M., Capasso S. (2009) "Cybersar Training Procedures", DIP-TEM Technical Report, Genoa, Italy
- [20] De Ruit, Schuyleburg, Ottjes (1995) "Simulation of shipping traffic flow in the Maasvakte port area of Rotterdam", Proc. ESM95, Prague
- [21] Fleming D.K. (1997) "World Container Port Ranking", Maritime Policy and Management, Vol. 24, No. 2, pp. 175-181
- [22] Frankler E.G. (1987) "Port Planning and Development", John Wiley and Sons, New York
- [23] Hayuth Y., Pollatschek M.A., Roll Y. (1994) "Building a Port Simulator", SIMULATION, vol. 63, no. 3, pp. 179-189

- [24] Koh P.H., Goh J.L.K., Ng H.S., Ng H.C. (1994) "Using Simulation to Preview Plans of a Container Port Operation", Proceedings of Winter Simulation Conference, Lake Buena Vista, Florida, December
- [25] Merkuriev Y., Bruzzone A.G., Merkurieva G., Novitsky L., Williams E. (2003) "Harbour Maritime and Multimodal Logistics Modelling & Simulation 2003", DIP Press, Riga, ISBN 9984-32-547-4 (400pp)
- [26] Merkuriev Y., Bruzzone A.G., Novitsky L (1998) "Modelling and Simulation within a Maritime Environment", SCS Europe, Ghent, Belgium, ISBN 1-56555-132-X
- [27] Nevins M.R., Macal C.M., Joines J. (1998) "A Discrete-Event Simulation Model for Seaport Operations", Simulation, vol. 70, no. 4, pp. 213-223, April
- [28] Ottjes J.A., Hengst S., Tuteurima W.H. (1994) "A Simulation Model of a Sailing Container Terminal Service in the Port of Rotterdam", Proc. ESM94, Barcelona
- [29] Rizzoli A.E., Gambardella L.M., Bontempi G. (1997) "Simulation of an Intermodal Container Terminal to assist Management in the Decision-Making Process", Proc. of MODSIM9, International Congress on Modeling and Simulation, Hobart, Tasmania
- [30] Signorile R., Bruzzone A.G. (2003) "Harbour Management using Simulation and Genetic Algorithms", Porth Technology International, Vol.19, Summer2003, pp163-164, ISSN 1358 1759
- [31] Teo Y.M. (1993) "Simulation and Graphics Animation in Port Design", Proceedings of ESM93, Lyon, France
- [32] Thiers G., Janssens G. (1998) "A Port Simulation model as a Permanent Decision Instrument", SIMULATION, Vol. 71, no. 2, pp. 117-125, Villefranche L., Pecuchet J.P, Serin F. (1994) "Service Processes for Container Terminal Simulation", Proc. ESM94, Barcelona
- [33] Vavoula, G., & Sharples, M. (2002). "KLeOS: A person, mobile, knowledge and learning organization system", *Proc. of the IEEE Int. Workshop on Mobile and Wireless Technologies in Education* August 29-30, Vaxjo, Sweden, 152-156

ASYMMETRIC MARINE WARFARE: PANOPEA A PIRACY SIMULATOR FOR INVESTIGATING NEW C2 SOLUTIONS

Agostino G. Bruzzone, Alberto Tremori (Italy), Yuri Merkurjev (Латвия)

PANOPEA reproduces a piracy scenario in the Horn of Africa, a very critical area in terms of pirates' attacks against cargo ships. This scenario includes navy vessels and helicopters, intelligence assets, ground bases, cargos as well as other boats (i.e. fisherman and yachts) and pirates hiding in the general traffic. The entities are directed by IA-CGF (Intelligent Agents Computer Generated Forces) and apply strategies for succeeding based on their scenario awareness. In addition, PANOPEA simulator allows different strategies to be modeled of C2 (Command and Control) due to the fact that the simulation team implemented into simulator different C2 Architectures, including hierarchical and edge solutions. PANOPEA tool supports the authors in making experimental analysis by modeling different C2 maturity levels and measuring the effectiveness and the efficiency of the proposed scenarios in order to investigate the agility of the C2 solutions and their influence in preventing attacks by implementing different policies and different organizational models

Today this scenario is quite interesting: in fact maritime security is a very critical aspect of the marine framework and extends the concept of asymmetric warfare within Marine Environment with new threats such as (Piracy, Conventional Terrorism, CBRN - Chemical, biological, radiological, and nuclear). Therefore the case proposed involves over 1000 units directed by intelligent agents, so modeling and simulation is critical to evaluate strategies in term of efficiency to prevent and mitigate threats by improving policies, sensors, equipment as well as C2 solutions that obviously affect detection, identification, decision making and scenario evolution.

The authors present the results of their experimental analysis on the impact on system agility of both organizational model, hierarchical and edge in order to compare the two approaches; in fact this work is extensions of previous activities carried out with other colleagues.



Figure 1 PANOPEA Scenario Dynamical Evolution in GIS

INTRODUCTION

The new warfare scenarios are characterized by new unconventional threats (i.e. terrorism, insurgency etc).

In maritime domain, piracy attacks are increasing over, in particular along Somalia Coast and in Arabian Sea.

In 2009, 406 piracy attacks are reported by the IMB (International Maritime Bureau) into the annual report and 217 episodes are attributed to Somalia pirates. Those attacks generate huge economic and social damages to the entire world due to the great value of goods moved by sea. In fact, in a pirate attack often the interests of many countries are affected: the state of the attacked vessel, hostage's countries, the State of the industrial company owner of the cargo and so on. Moreover, such attacks make surely global communications unsafe and produce the following effects:

- Increase rates of marine insurance and freight costs
- Increase environmental risks
- Increase danger to seafarer's lives because of the injury, killing or capture possibilities
- Consequently increase of goods prices for final consumers

Some important aspects are expected to increase their impact over next years in general as well in marine framework increasing on Asymmetric Threats:

- Economic Issues:
 - Moving European Region Social Economic Center of Gravity to South increasing maritime traffic with North Africa
 - Stabilization and Normalization Processes and Country Reconstruction Initiatives Overseas
 - Overseas Developing Areas Growth, Production/Demand & Sustainability Issues
- Technologies:
 - Opportunity to access more easily new knowledge Bases and information, for instance, for preparing and creating critical threats (i.e. Cyberspace)
 - Multiple opportunities to Access to Resources to develop WMD (i.e. smallpox, RDD)
 - IT & Web empowering the potential of individuals and small groups (i.e. C2 capabilities)
 - Increasing new reachable targets such as Oil Platform, Environmental Threats, Social Service
- Political Issues:
 - Political Instability on Critical Regions (i.e. Africa)
 - Evolution of Principle of Nations and Populations (i.e. Commercial States)
 - Evolution of new critical issues requiring changes on joint Defense and Homeland Security Budgets (i.e. natural resource issues: water)

Modeling and Simulation (M&S) are a strong support to evaluate Strategies in Threat Identification, Decision Making & Evolution Prediction:

- Once upon time it was used to identify threats based on Platform Detection, Identification and Classification
- Today in many case the same Platform is in use on multiple sides
- In some case the Platform is becoming a menace just based on own it is operating

Such kind of asymmetric threats need to be modeled due to the complexity of scenario in terms of entities involved, number of variables to be analyzed and dynamic evolution of threats behaviors.

The simulation team developed PANOPEA simulator to support operational planners in strategies analysis. They modeled different entities (i.e. cargo ships, frigate, pirates, intelligence etc.) by using Intelligent Agents for Computer Generator Forces (IA-GGF). These agents are able to drive units' behavior. Simulation with Computer Generated Forces managed by intelligent agents is the best way to consider scenarios with a large number of actors and parameters and provide a competitive advantage for using simulation in Planning & Operation Support respect existing tools and techniques.

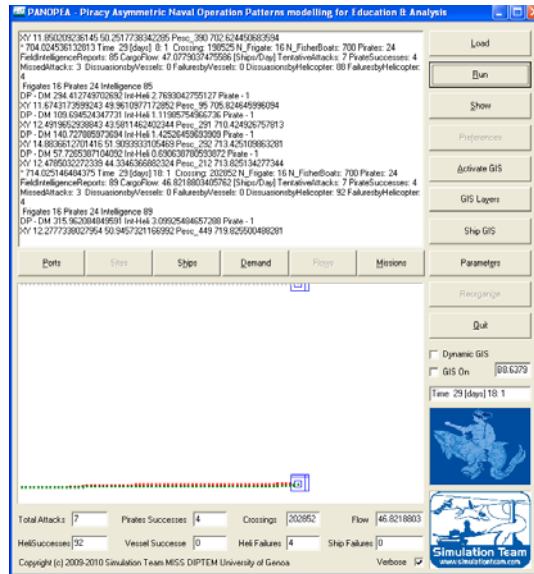


Figure 2 PANOEPA Main Graphic User Interface

STATE OF THE ART AND PIRACY OVERVIEW

The maritime piracy has become a critical issue in specific regions (for instance the Somalia coast) due to local factors such as political and socio-economical instabilities since 2006. Actually, the maritime piracy is not a new phenomenon, but changes in geographic “hot spots”, the increased frequency of incidents and the severity of attacks are requiring to face the current maritime piracy situation in a more effective and efficient way.

Recent maritime piracy incidents, for instance, on the coast of Somalia, of the Gulf of Aden and of the Horn of Africa (HoA) have not only received significant attention from the media and the international community, but they were of interest also for policy strategists and academic researchers as well.

Different models were developed to analyze the maritime traffic and to support maritime surveillance systems (Monperrus et al., 2008). Xiao et al. (2009) propose a framework of the Dynamic Data Driven Multi-Agent Simulation system in the maritime traffic domain.

Discrete-event simulation (DES) was used to simulate a typical port security, local, waterside-threat response model and to test the adaptive response of asymmetric threats in reaction to port-security procedures, while a multi-agent system (MAS) was used to provide the complex adaptive behaviors for the threats. Cover and dynamic path finding algorithms were used in Simkit to enhance the spatial interactivity of the agents (Chee Wan Ng . 2007)

A maritime counter-piracy scenario is modelled using the agent-based simulation platform MANA (Decraene J., 2010).

Vanek O. (2010) presents an agent-based simulation of the maritime traffic. The aim of the research was to simulate not only the legitimate maritime traffic, such as an intercontinental transportation, coastal fishing or recreational traffic, but also the illegitimate aspects, such as illegal fishing, waste dumping and maritime piracy.

A transit game model was developed to study the problem of a mobile agent trying to cross an area patrolled by a mobile adversary and to define an optimum route selection strategy in order to minimize the probability of hostile encounter (Vanek et al. 2010).

AgentC Testbed platform was developed by M. Jakob et al. (2010). It combines simulated vessel operation with a wide range of data sources on real-world maritime security. Vessel trajectories, obtained from the on line providers of AIS data (Automatic Identification System) are the first category of real-world data integrated into the testbed.

Naval Postgraduate School had used Simio services in 2010. Simio is a developer of 3D object-oriented simulation software which is aimed to model piracy defence strategies in order to study the prevention of piracy, illegal drug trafficking and increased security within ports, waterways and coastal areas.

The authors propose to introduce the concept of Net Centric Command and Control in piracy scenario in order to provide decisions makers with a tool able to reproduce different operational strategies and to support them in evaluating the best way to stop pirates' attacks.

NET CENTRIC COMMAND AND CONTROL MATURITY MODELS

The concept of Net-Centric was established in military sector and introduced in the early '90. This concept is used to describe an operational paradigm that exploits information and technological infrastructure to increase speed of command, resulting faster and more agile in carrying out operation and a sharing of knowledge. During recent years it was critical to consider how different C2 solutions are able to reproduce different maturity levels (i.e. conflicted, deconflicted, coordinated, collaborative and edge). Nowadays, the critical issue on this matter is to develop experiments to support investigation about characteristics of C2 solutions such as robustness, resilience, agility. A major concept related to NecC2M2 is represented by the idea that in the same scenario over time, it could make sense to have different C2 maturity levels evolving based on the needs. Another important aspect is to test critical conditions or events that requires to adapt the C2 maturity level.

PIRACY SCENARIO MODELING

There are two common definitions of piracy. The first, used by the IMO (International Maritime Organisation), derives from the U.N. Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). It says that:

“Piracy consists of any of the following acts:

(a) any illegal acts of violence or detention, or any act of depredation, committed for private ends by the crew or the passengers of a private ship or a private aircraft, and directed:

- on the high seas, against another ship or aircraft, or against persons or property on board such ship or aircraft
- against a ship, aircraft, persons or property in a place outside the jurisdiction of any state

(b) any act of voluntary participation in the operation of a ship or of an aircraft with knowledge of facts making it a pirate ship or aircraft;

(c) any act of inciting or of intentionally facilitating an act described in subparagraph (a) or (b).

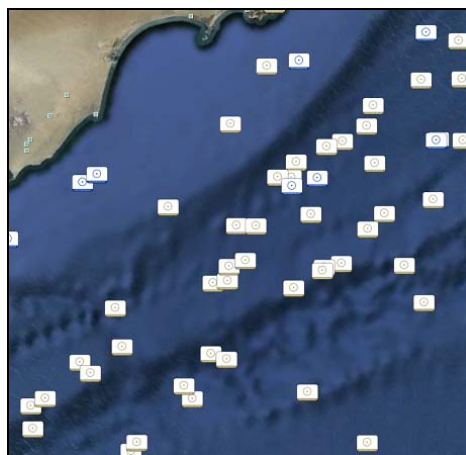


Figure 3. Details during PANOPEA Simulation

The IMB (International Maritime Bureau) offers another definition of piracy: “An act of boarding or attempting to board any ship with the apparent intent to commit theft or any other crime and with the apparent intent or capability to use force in the furtherance of that act”.

Somalia is the country where the largest number of piracy organizations is located. The major reason is related to extremely hard social and economic conditions. In addition the poor control of local coast guard allows illegal acts (i.e. illegal fishing or waste discharge) and the strategic position for commercial traffics forced piracy acts.

Pirates, generally leaves from their basis using four or five boats which are small and can reach speeds exceeding 30 knots. The type of boat is indistinguishable from local fisherman boats. For this reason, the detection of attackers is very hard for the armed forces that are responsible in the area for tackling the phenomenon. The boats carrying pirates usually go hunting for vulnerable vessels, with a low freeboard that travel below 15 knots during the day. Once target is defined, pirates usually coordinate an attack on two or three fronts simultaneously from several directions. Depending on the characteristics and compliance of the vessel victim of the attack, the pirates can go up and take command of a ship in less than 20 minutes after the first attack. Then the vessels are conducted near the coast or in some ports that are used by pirates as a base of operations.

Due to the strong impact of pirates’ actions on the world economy, International Community reacted with the use of its naval units in the critical zones. The affected area is very large and, therefore, it is required a significant number of military units for an accurate control of the area.

Actually, different missions are kept in the Gulf of Aden such as:

- Combined Task Force 151
- Ocean Shield NATO mission
- UE Atlanta mission
- missions of other countries like Russia, China, India, Japan and Pakistan.

From an operational point of view, military units get two approaches to prevent the actions of the pirates:

- Escorting cargo ships in order to be ready to quickly opposite pirates approaching to the escorted cargo by using helicopters and special forces
- patrolling the area in order to identify possible suspect boats and prevent actions by pirates, even in this mode, the naval units may employ on-board helicopters and personnel belonging to special forces.

PANOPEA SIMULATOR

PANOPEA reproduces piracy activities for evaluating different strategies in NEC C2 M2. PANOPEA is a stochastic discrete event simulator integrated with IA-CGF (Intelligent Agent Simulation Computer Generated Force) developed by simulation team.

The following actors and activities are modeled:

- **Pirates**, different attack modes are considered: Outrunning, Maintaining Innocent Speed, Following a Ship, Hiding between Ships, Swarming. The main characteristics of these units are: agile structure, knowledge of the sea area, support from local population and in some case from political structure.
- **Navy**, represented by strong coalition force patrolling the area. The command and control system is not so “agile” such as pirates’ organization. Patrol modality: mostly frigate, helicopters & special force squads
- **Intelligence Agencies**, that represent critical support to the Navy to predict pirates attacks by using instruments and techniques such as: data analysis, special commandos, satellite and communication technologies

- **Local Authority**, it is critical, i.e. “Failure Nations”: no stable government, but strong presence of gangs, warlords etc.

The table below is a synthesis of entities modeled by the simulation team. For each entity some characteristics are defined.

Cargo Ship	Frigate	Fisherman/Pirate Boat
- Name	- Name	- Name
- Nationality	- Nationality	- Nationality
- Speed	- Speed	- Speed
- Radar Max	- Radar Max	- Pirates (%)
- Eye Max	- Eye Max	- Attack Distance
- Communication Delays	- Communication Delay	- Attack Probability
- Number of Cargo Ship	- Number of Frigates	- Number of Fisherman boats
	Helicopter	
	- Speed	
	- Radar Max	
	- Eye Max	

Figure 4. PANOPEA Example of Unit Parameters

Cargo Ships are devoted to goods transportation and daily thousands of cargo ships cross through Gulf of Aden. Cargo ships activities are synthesized into the conceptual model represented in Figure 5; each cargo chooses a path and proceeds in that direction to reach its destination. By using the radar (covering a range of 20 nautical miles), the cargo ship checks the presence of boats approaching. It proceeds towards the destination until radar alerts about the approaching of a vessel. In this case, ship’s crew makes a second check within 8 nautical miles to evaluate if the vessel is or not a pirate ship. In the second case, it asks for help by radio.

Among cargo characteristics it is reported:

- Speed
- Technology on board: VHF radio, GPS, radar system
- Other: no weapons on board, but sometimes contractors could be engaged.

Cargo ship objective is to transport goods (general goods or gas or fuel, etc) by optimizing its route in order to reduce navigation time and costs. Some constraints are modeled: the chosen route is the shortest one; international rules often don’t allow the private use of weapons.

Frigates are military ships aimed to patrol an assigned area or escort cargo ships. The main objective is to identify and block pirates. Frigates activities are regulated by Rules of Engagement, maritime laws and contracts with local authorities.

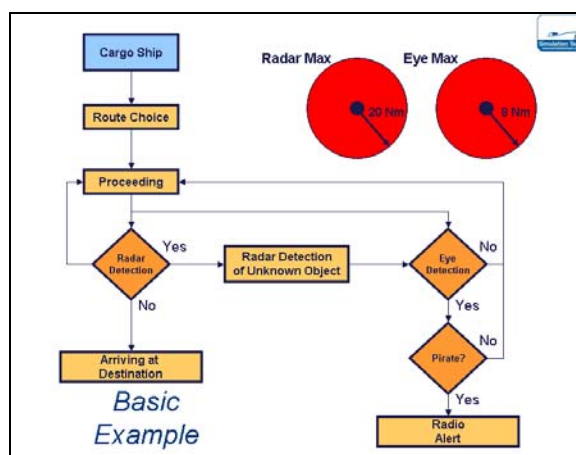


Figure 5. Basic Example for Cargo Ship

Frigate is critical in the piracy scenario due to the fact that it is the only adversary unit against pirates.

Generally a Frigate makes patrolling in an assigned area and along specific routes. If it detects a suspect fisherman boat, it is possible to intervene by using the helicopter or to make a control by the sea and, if it is necessary, to send Special Forces on board (see model in figure 6). Frigates may also to answer to an help request by a cargo ship. By making considerations about distance and time estimated to reach the cargo ship, the military ship choices if intervene by itself or by using helicopter.

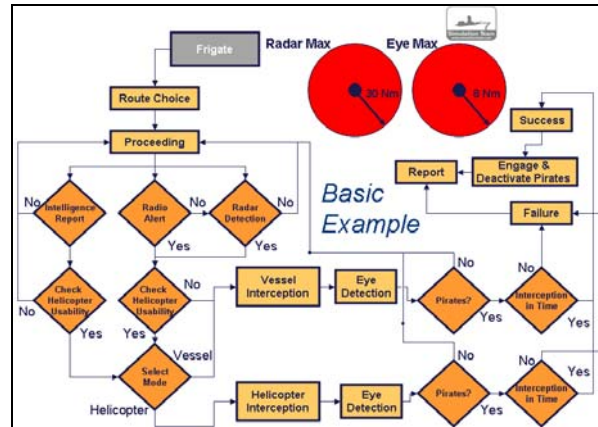


Figure 6. Basic Example for Ship Patrolling

The helicopter is assigned to a frigate and its goals are mainly: to patrol the area where the frigate has identified a suspicious fisherman boat; to intimidate pirates (the helicopter is a very effective means of deterrence); to shut off the boarded ship and to free the sailors taken in hostage as soon as possible.

Helicopter activities are regulated by Rules of Engagement. The helicopter is sent by the frigate to patrol a suspicious boat or to rescue cargo ship under attack. In the first case if the boat is a pirate boat, dissuading procedures are activated in order to stop pirates. In the second case helicopter can send raiders on the ship to arrest pirates and to free hostages.

Pirate/ Fisherman boats are 4/5 meters long and their speed can reach 35 knots. Generally, fisherman boats sail at 10 knots while pirates boat are faster.

While the objective of fisherman boat is to fish, pirates objectives are:

- To attack cargo ship with the crew on board in order to ransom
- To loot goods on board cargo ships
- Don't be neutralized and / or arrested by the military forces

Once defined cargo ship target, pirate boat approaches it and tries the attack. Attack success is regulated by a probability based on the strategies of patrolling and control adopted by frigate.

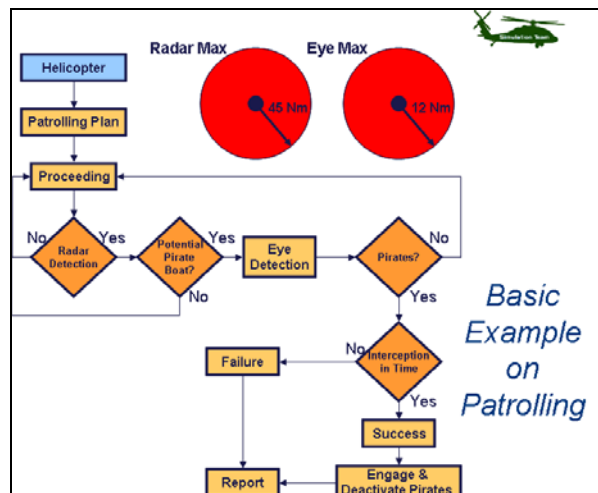


Figure 7. Basic Example for Helicopter Patrolling

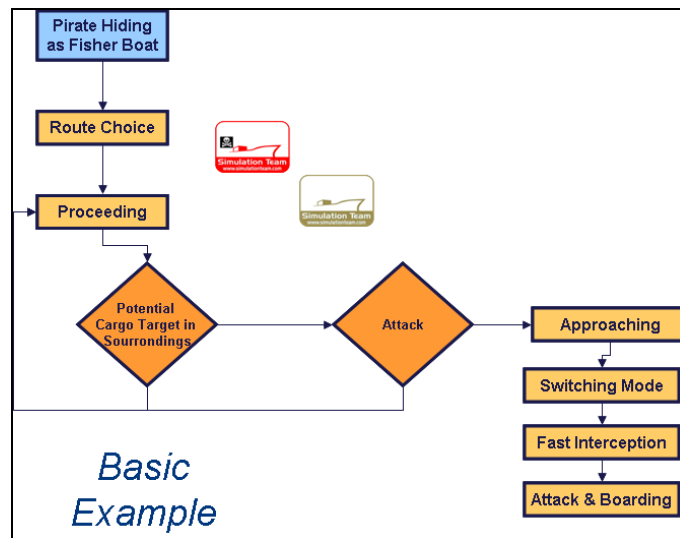


Figure 8. Basic Example for Pirate Hiding as a Small Boat

PANOPEA Simulator allows users to set several parameters such as ships speed (Cargo Average Speed, Frigate Cruise Speed and Full Speed radar range of view and eye range of view)

Table 1. Parameters to be set in PANOPEA Simulator

Cargo ship	
Number of Cargo Ships	Ships/day
Radar Max	Nm
Eye Max	Nm
Average Speed	Knots
Average Communication Delay	H
Average Boarding Time	H
Frigate	
Number of Frigate Ships	Ships
Radar Max	Nm
Eye Max	Nm
Cruise Speed	Knots
Full Speed	Knots
...Insp. Sampling	%
Intelligence	
Local Intelligence Detection Prob	%
Coalition Int. Detection Prob.	%
Helicopter	
Radar Max	Nm
Eye Max	Nm
Speed	Knots
Average Setup Time	H
Fisherman Boat/Pirates	
Number of Boats	Boats
Pirates	%
Attack Threshold	Nm
Attack Probability	%
Fisher Speed	Knots
Pirates Speed	Knots

In addition users are able to set Escorting and Inspecting modes in order to activate strategies about escort and inspections from frigates and helicopters and to define Simulation features: Simulation Duration, Stochastic Influence, Replications

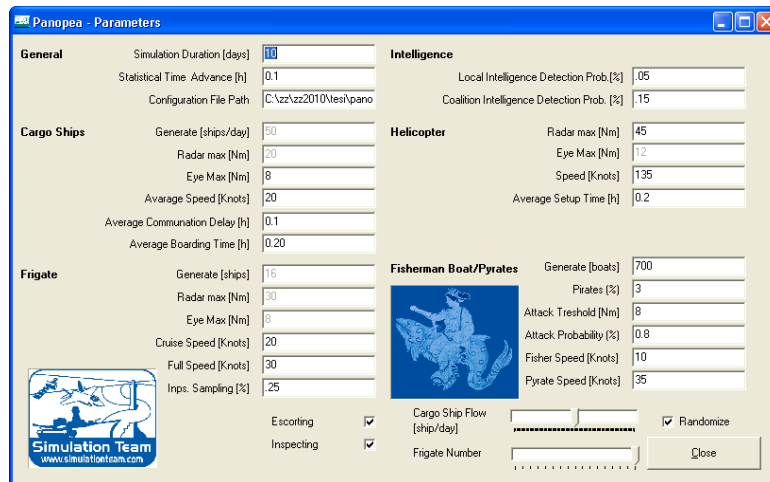


Figure 9 PANOPEA Synthetic Data for Boats and Vessels

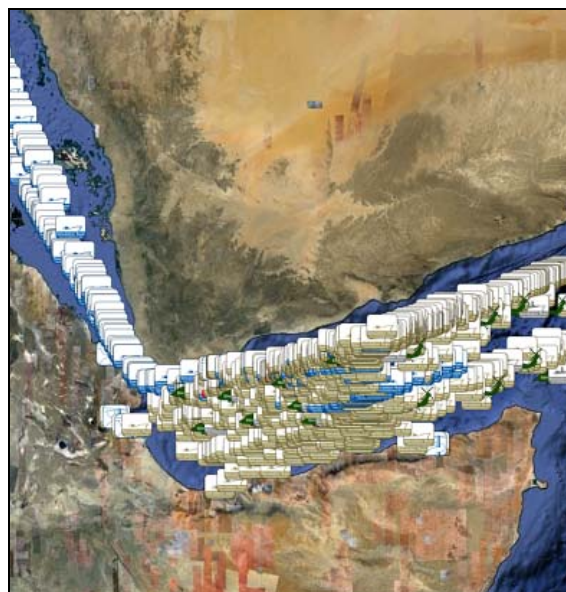


Figure 10. Integration of PANOPEA with Simplified GIS involving over 1'000 boats

The simulation team integrated the event discrete stochastic simulator with a simplified GIS (Geographic Information System) in order to visualize over 1000 boats that move around Aden Gulf, even by using military icons.

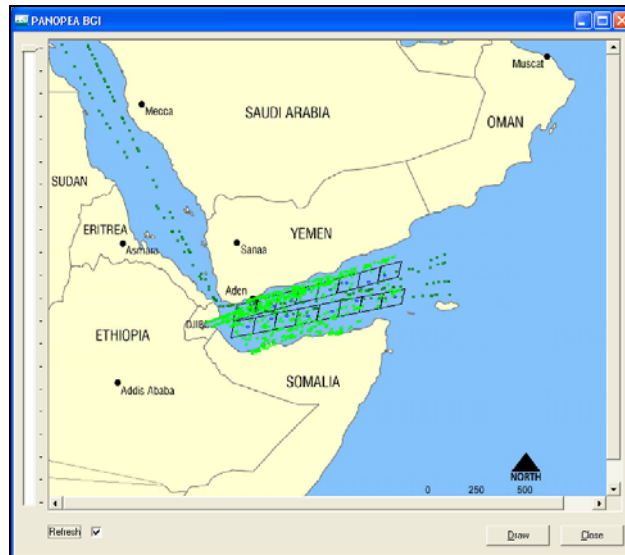


Figure 11. Zone Assignment and Corridors in PANOPEA Simulation

An additional function allows users to improve the visualization of ships routes and to setup the C2 strategy to be applied. Users are able to split the area to be controlled in different zones that are assigned to frigates, as reported in the window in Figure 11. In particular the strategy of creating a security corridor for cargo ships is visualized.

Finally, user is able to choose the desired organization model flagging the desired option in the C2 window (see figure 18).

EXPERIMENTATION SCENARIO OVERVIEW

During the phase of the experimentation, the parameters in PANOPEA have been set as follows:

- Number of Merchant Ships: 50 [ships/day]
- Number of Frigate: 15
- Number of Fisher Boat: 700
- Attack Probability (%): 0.8
- Communication Delay: 0.1 [hours]
- Average Ship Speed: 20+/- 4 [Knots]
- Frigate Cruise Speed: 20 [Knots]
- Frigate Full Speed: 30 [Knots]
- Fisher boat Speed: 10 [Knots]
- Pirate boat Speed: 35 [Knots]
- Helicopter Speed: 135 [Knots]
- Attack Threshold: 8 [Nm]
- Local Intelligence Detection Prob. 0.05
- Coalition Int. Detection Prob. 0.15

Simulation outputs include:

- Total Reports from Cargo Ship
- Number of Frigate Successful Operations
- Number of Successful Operations due to Intelligence Reports
- Number of Pirate Successful Attacks

For the experimentation the Active Objects are synthesized below:

- **Cargo ship**
 - Speed: 16 – 20 knots statistically distributed
 - Tecnology VHF radio, gps, radar system
 - No guns on board, but in some case shipowner engage contractors.
- **Frigate**
 - Speed: 18– 30 knots (cruise and attack)
 - Tecnology : Communication Systems , Sensors (Radars, IR, EO, ESM), gps
 - Armament: cannons, helicopters
- **Helicopter**
 - Speed : 150 - 200km/h
 - Tecnology: military communication systems, gps, Sensors (IR, EO, Radars)
 - Armament: special forces on board, machine gun
- **Generic boat**
 - Speed: 12 – 20 knots statistically distributed
 - A generic boat could represents both pirates (these are able to ramp up to 35 knots and armed with assault rifles, machine guns, grenades and rockets) or a civil traffic (i.e.fish boats)
- **Ground Radar systems**
 - Range of action: 20- 45 Nm
- **Satellite system**
 - Technologies: optical system, height tech cameras

Experimentation Results

The authors decided to evaluate and analyze two different C2 alternatives

- Conflicted C2: there is no distribution of information between or among the entities, all of the decision rights remain within each of the entities, and there are no interactions and common objectives (in a C2 sense) between or among the entities. The only C2 that exists is that exercised by the individual contributors over their own forces or organizations.
- Edge C2, all the entities are connected into a robust network and they are able to easy access and share information by continuous interactions. In Edge C2 the rights to decisions are broadly distributed.

In PANOPEA users are able to activate connections between:

- CoHQs: Coalition NATO Headquarter
- NHQs: National Headquarter
- LCG: Local Coast Gard
- CoaInt: Coalition Intelligence
- Operative units (Frigate Ships, Cargo)

Each connection is characterised by:

- Transmission time, required to communicate the information along that link
- Information reliability, to measure the reliability of the transmitted information

In the hierarchical command and control setting, the coalition headquarters are in contact with: intelligence agencies, other headquarters and Operative units. Any form of action, then, is defined by the command chain hierarchy: each unit received orders by headquarters. In addition, each unit must report relevant information to HQs in order to allow them to manage the situation and to define appropriate strategies and actions. The goal is to prevent pirates attacks, increase gulf security, to measure efficiency, effectiveness and response time in forces deployment and reaction, by taking into consideration also boundary condition (i.e. weather, operating condition).

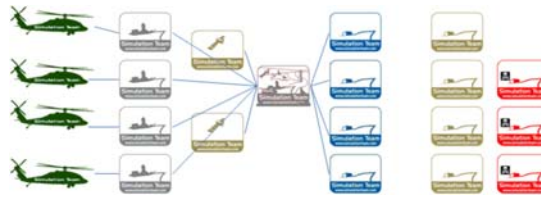


Figure 12. Example of Entity Connections

Edge C2 is a modern and sophisticated approach; this M2 (Maturity Model) is supported by an innovative technology component, in fact every entity is able to share information quickly and effectively. Edge Maturity Model aim is to ensure that all scenario entities are self-synchronized among them. A fundamental point is the knowledge sharing in order to let actors coordinated on theatre; it's clear that this approach is much more effective and keep the response speed to common enemy faster (i.e. Somali pirates). Otherwise, so widespread exchange of information could have a negative impact on field operations if not properly supervised and managed.

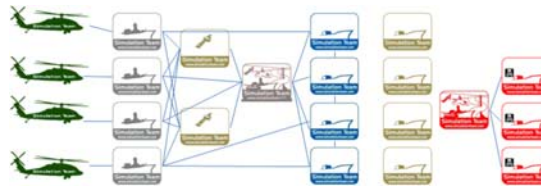


Figure 13. Different Example of Entity Connections

In PANOPEA it is possible to configure the Command and Control Hierarchy by clicking the button "C2GI" in PANOPEA interface and by creating the network connections among the various entities.

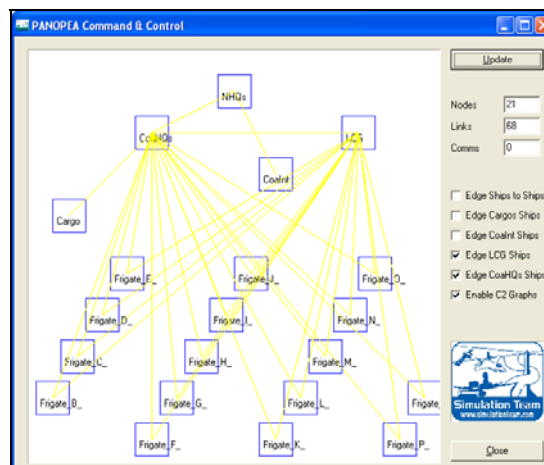


Figure 14. Modelling Data Distribution, Processing and Decision Allocation in PANOPEA

Due to the scenario complexity and the strongly not-linear level of the system, a careful experimental design is required in order to conduct a proper system analysis.

For this reason, the authors designed an experimental analysis to study simulator outputs in order to verify the stochastic influence on processes and to identify critical and significant parameters in terms of influence on costs.

In particular, the authors performed statistical analysis by using Mean Square Pure Error methodology (MSpE) in order to evaluate the experimental error and to measure the sto-

chastic variables influence. That methodology allows to fix simulation length and to know results reliability based on confidence band.

The analysis was performed on the two scenarios proposed above (Hierarchical and Edge).

Five simulation central runs was carried out in order to estimate MspE (Mean Square pure Error) as measure of the simulator experimental error due to stochastic components; the central runs corresponded to setting up the inputs parameters on their average values. In order to measure simulation results, the authors focused on foiled attacks by the vessels on the field.

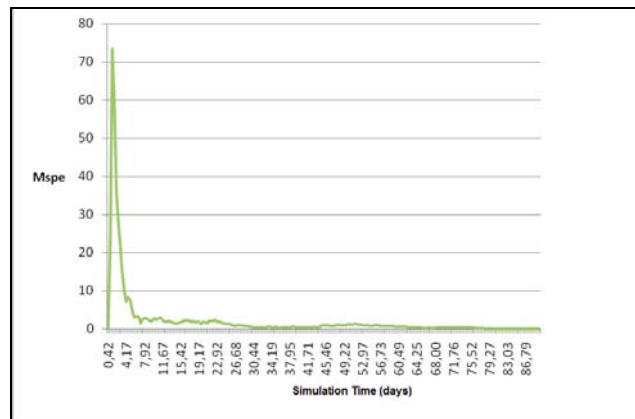


Figure 15. Mean Square pure Error on Attack Preventions versus Simulation Duration

Due to this analysis it was possible to define the simulation time length: approximately 30 days.

In addition, in order to perform sensitivity analysis, different factors are considered (see Table 2) in order to identify those which have major effects and influence on results. As reported in the table, these factors are evaluated in a predefined range in order to find correlations among independent variables and their combined effect.

Table 2. Factors for the experimental analysis

	Input Variable	<i>Min</i>	<i>Average</i>	<i>Max</i>
A	Detections Probability by Local Intelligence	5%	10%	15%
B	Detections Probability by Coalition Intelligence	10%	18%	25%
C	Pirates Ships	3%	5%	7%
D	Cargo Flow [ships/day]	52	60	68
E	Military Vessels	6	11	16

The authors defined a Central Composite Design (CCD) experimental project composed by a 2^k factorial part (in which each factor has two levels corresponding to the maximum and minimum range) and central replications.

Considering:

- n_0 : central replications on the reference values by changing the seed of pseudo-random numbers (in this case 5 replicated runs from same boundary conditions)
- 2^k factorial points devoted to evaluate the effect of variables and their combinations (in this case k is equal to 5 corresponding to the input variables);
- $2k$ star points for extending the knowledge in the experimental area

Supposed that the experimental error is uniformly distributed within the ranges tested and that five replications are used in order to estimate the stochastic factors, it is possible to calculate the number of the minimum simulation runs:

$$n_0 + 2^k + 2k = 5 + 32 + 10 = 47$$

Otherwise, if this hypothesis is not correct to it could be necessary to apply a factorial design that will have a much higher number of experimental runs to be completed in order to evaluate the stochastic components:

$$2^k n_0 = 32 \cdot 5 = 160$$

The results of applying Design of Experiments, Anova (Analysis of Variance) to the C2 Traditional Scenario are following:

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	551.3778	31	17.78638	19.46467	0.0018	significant
A-Li	26.76681	1	26.76681	29.29247	0.0029	
B-Ci	0.268889	1	0.268889	0.294261	0.6108	
C-Pirates	63.28125	1	63.28125	69.25234	0.0004	
D-cargo f	0.21125	1	0.21125	0.231183	0.6509	
E-frigate	351.125	1	351.125	384.2564	< 0.0001	
AB	2.10125	1	2.10125	2.29952	0.1899	
AC	0.027222	1	0.027222	0.029791	0.8697	
AD	1.742222	1	1.742222	1.906615	0.2259	
AE	13.78125	1	13.78125	15.08162	0.0116	
BC	0.586806	1	0.586806	0.642175	0.4593	
BD	0.000139	1	0.000139	0.000152	0.9906	
BE	1.075556	1	1.075556	1.177043	0.3275	
CD	0.245	1	0.245	0.268118	0.6267	
CE	49.50125	1	49.50125	54.17209	0.0007	
DE	0.116806	1	0.116806	0.127827	0.7353	
ABC	0.067222	1	0.067222	0.073565	0.7971	
ABD	8.405	1	8.405	9.198079	0.0290	
ABE	0.586806	1	0.586806	0.642175	0.4593	
ACD	0.116806	1	0.116806	0.127827	0.7353	
ACE	2.067222	1	2.067222	2.262281	0.1929	
ADE	1.868889	1	1.868889	2.045233	0.2121	
BCD	0.035556	1	0.035556	0.038911	0.8514	
BCE	1.650139	1	1.650139	1.805843	0.2368	
BDE	0.390139	1	0.390139	0.426952	0.5423	
CDE	0.18	1	0.18	0.196984	0.6757	
ABCD	9.03125	1	9.03125	9.88342	0.0256	
ABCE	0.18	1	0.18	0.196984	0.6757	
ABDE	7.475556	1	7.475556	8.180934	0.0354	
ACDE	0.390139	1	0.390139	0.426952	0.5423	
BCDE	0.035556	1	0.035556	0.038911	0.8514	
ABCDCE	8.066806	1	8.066806	8.827973	0.0311	
Residual	4.568889	5	0.913778			
Lack of Fit	0.263111	1	0.263111	0.244426	0.6469	not significant
Pure Error	4.305778	4	1.076444			
Cor Total	555.9467	36				

Figure 16. Analysis of Variance (ANOVA)

The Analysis is focused on the variables influence, in fact, as reported within Table in Figure 16, for each variable and their interactions it was performed a significant Test in order to be able to know which variables disrupt objective function more.

In addition, the authors performed also the first and the second Fisher Tests to be sure that the experimental project was developed correctly.

The first concerns with the significance of the regression test and formulate two hypotheses:

- H0: All regression coefficients are zero ($\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$);
- Ha: there is at least a $\beta_i \neq 0$.

In this case the hypothesis H0 is rejected with a probability of 5% error (α), and then accepts the hypothesis Ha. There is therefore an independent variable among the five listed above that explains the observed variation in the response.

Both tests were successful. As result of this experimental analysis, the authors identified a relevant and significant set of variables passing sensitivity analysis test:

- A (local intelligence level)
- C (pirates percentage)
- E (military vessels number)
- AE
- CE
- ABD
- ABCD
- ABDE
- ABCDE

Obviously AE, CE, ABD, ABCD, ABDE, ABCDE represent combined effects of basic variables A, B, C, D,E.

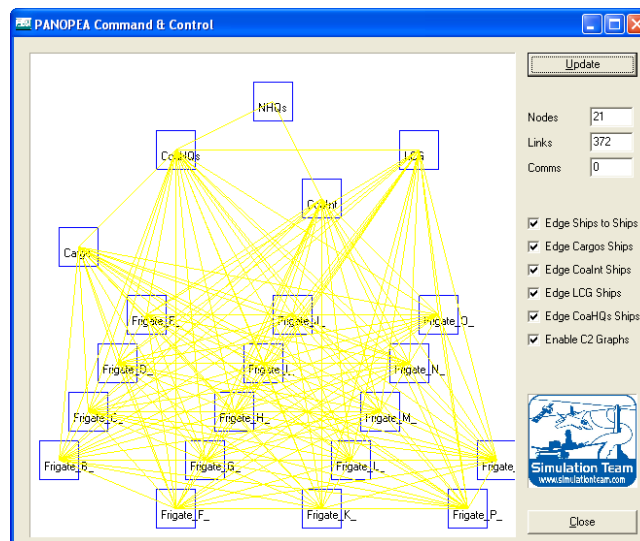


Figure 17. Edge Scenario

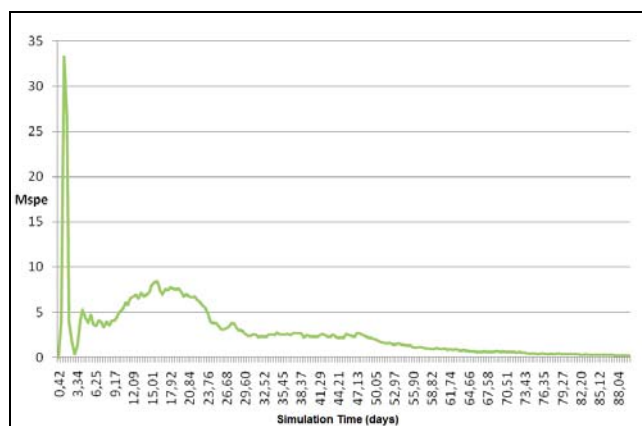


Figure 18. Mean Square pure Error Computation

The response surface created by RSM (Response Surface Methodologies) allowed to develop meta-models allowing to have directly results without simulation help.

The authors adopted the same approach to analyze Edge Scenario in order to be able to compare the proposed two cases.

In the C2 Edge Scenario all players are interconnected and the simulator allowed to complete a sensitivity analysis based on ANOVA as reported in figure 19.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1594.051	31	51.42099	51.16562	0.0002	significant
A-Li	0.564453	1	0.564453	0.56165	0.4873	
B-Ci	22.08355	1	22.08355	21.97387	0.0054	
C-Pirates	118.3876	1	118.3876	117.7996	0.0001	
D-cargo f	0.316675	1	0.316675	0.315103	0.5988	
E-frigate	1246.461	1	1246.461	1240.27	< 0.0001	
AB	0.495842	1	0.495842	0.493379	0.5138	
AC	0.609592	1	0.609592	0.606565	0.4713	
AD	7.588759	1	7.588759	7.55107	0.0404	
AE	2.751467	1	2.751467	2.737802	0.1589	
BC	7.883759	1	7.883759	7.844604	0.0380	
BD	1.925703	1	1.925703	1.916139	0.2249	
BE	15.65668	1	15.65668	15.57892	0.0109	
CD	0.66605	1	0.66605	0.662742	0.4526	
CE	110.8188	1	110.8188	110.2685	0.0001	
DE	0.099384	1	0.099384	0.09889	0.7659	
ABC	0.002509	1	0.002509	0.002496	0.9621	
ABD	3.093828	1	3.093828	3.078463	0.1397	
ABE	0.675703	1	0.675703	0.672347	0.4495	
ACD	6.615703	1	6.615703	6.582847	0.0503	
ACE	2.77105	1	2.77105	2.757288	0.1577	
ADE	11.66043	1	11.66043	11.60251	0.0191	
BCD	5.267717	1	5.267717	5.241555	0.0707	
BCE	8.62855	1	8.62855	8.585697	0.0326	
BDE	2.058759	1	2.058759	2.048534	0.2118	
CDE	0.408759	1	0.408759	0.406729	0.5517	
ABCD	1.0573	1	1.0573	1.052049	0.3521	
ABCE	0.009453	1	0.009453	0.009406	0.9265	
ABDE	2.144175	1	2.144175	2.133526	0.2039	
ACDE	6.737509	1	6.737509	6.704047	0.0489	
BCDE	5.376467	1	5.376467	5.349765	0.0687	
ABCDE	1.233759	1	1.233759	1.227631	0.3183	
Residual	5.024956	5	1.004991			
Lack of Fit	3.030845	1	3.030845	6.079591	0.0693	not significant
Pure Error	1.994111	4	0.498528			
Cor Total	1599.076	36				

Figure 19. ANOVA Analysis

The Authors by using this methodology identify a significant number of variables passing sensitivity test for this scenario.

The results of this analysis underline that the edge configuration is more expensive than the other one, but it seems to be more effective in terms of foiled attacks number.

- B (coalition intelligence presence)
- C (pirates percentage)
- E (military vessels number)
- AD
- BE
- BC
- CE
- ADE
- BCE
- ACDE

CONCLUSION

The paper proposes an approach for experimenting the influence of different parameters on the efficiency and effectiveness of C2 solutions; the main goal of this research is to test different Net C2 M2 models in order to evaluate the performances under different hypotheses; using the simulator and experimental analysis it was possible to consider the influence of independent variables and their interactions respect target functions. It is proposed an experimental results related to a case study similar to situation of piracy within Aden Gulf; considering the problem complexity, the achieved results s relative to the input parameters and related range of variability therefore this allows to demonstrate the potential of using M&S in supporting analysis of different C2 maturity models. PANOPEA simulator is a useful tool for the evaluation of piracy scenarios, and to investigate alternative C2 strategies and the analysis of different scenarios. Currently the authors are working in simulation team for further developments of this area of study

REFERENCES

- Alberts D. S., (2002), "Information Age Transformation", revision June 2002, CCRP Publication Series
- Alberts David S., Gartska J.J., Stein F.P. (2000) "Net Centric Warfare", CCRP, Washington
- Alberts David S., Hayes Richard E., (2006) "Understanding Command and Control", Washington: CCRP, fig. 11, p. 35
- Alberts D.S., Hayes R.E. (2003) "Power to the Edge", CCPR Publications, Washington D.C.
- Alberts, D.S. (2007) "Agility, Focus, and Convergence: The Future of Command and Control." The Int. C2 Journal, Vol. 1, No. 1, 1-30
- Alberts, D.S. (2008) "NATO NEC C2 Maturity Model Overview," Draft for Peer Review, SAS-065 Study Group, 2008.
- Anderson N. (2006) "Are iPods shrinking the British vocabulary?", Ars Technica On-Line Magazine, December 15
- Bruzzone A.G., Massei M., Madeo F., Tarone F., Gunal M. (2011) " Simulating Marine Asymmetric Scenarios for testing different C2 Maturity Levels", Proceedings of ICCRTS2011, Quebec, Canada, June
- Bruzzone A.G., Cantice G., Morabito G., Mursia A., Sebastiani M., Tremori A. (2009) "CGF for NATO NEC C2 Maturity Model Evaluation", Proc. of I/ITSEC2009, Orlando
- Bruzzone A.G. (2008) "Human Behavior Modeling: Achievement & Challenges", Invited Speech at SIREN Workshop, Bergeggi, Italy, June 6th
- Bruzzone A.G., (2007) "Challenges and Opportunities for Human Behaviour Modelling in Applied Simulation", Keynote Speech at Applied Simulation and Modelling, Palma de Mallorca
- Bruzzone A.G., Viazzo S., Massei M., BC (2004) "Modelling Human Behaviour in Industrial Facilities & Business Processes", Proc. of ASTC, Arlington, VA, April
- Bruzzone A.G., Massei M., Simeoni S., Carini D., B.M. (2004) "Parameter Tuning in Modelling Human Behaviours by Using Optimization Techniques", Proceedings of ESM, Magdeburg, Germany, June
- Bruzzone A.G., Figini F. (2004) "Modelling Human Behaviour in Chemical Facilities and Oil Platforms", Proceedings of SCSC, San Jose
- Bruzzone A.G., Mosca R., Simeoni S., Massei M., B.M., B.C., (2004) "A Methodology for Estimating Impact of Different Human Factor Models on Industrial Processes", Proceedings of EUROSIM, Paris, France, September
- Bruzzone A.G., Page E., Uhrmacher A. (1999) "Web-based Modelling & Simulation", SCS International, San Francisco, ISBN 1-56555-156-7
- Bruzzone A.G., Giribone P. (1998) "Decision-Support Systems and Simulation for Logistics: Moving Forward for a Distributed, Real-Time, Interactive Simulation Environment", Proc. of the Annual Simulation Symposium IEEE, Boston
- Bruzzone A.G., Mosca R. (1998) "Introduction to the Harbour and Maritime Simulation Special Issue", Simulation, Vol.71, no.2, pp.72-73, August
- Bruzzone A.G., Giribone P. (1998) "Quality Service Improvement by Using Human Behaviour Simulation", Proc.of ESM, Manchester, UK, June

- Bruzzone A.G. (1996) "Object Oriented Modelling to Study Individual Human Behaviour in the Work Environment: a Medical Testing Laboratory ", Proc. of WMC, San Diego, January
- Cantice G. (2008) "Serious Games Serious Experimentations?", Proc. of SeriGamex, November
- Chee Wan Ng, Arnold H. Buss, John Hiles, (2007) "Discrete-event Simulation with Agents for Modeling of Dynamic Asymmetric Threats in Maritime Security Naval" Naval Postgraduate School, Monterey, California, Thesis approved for public release
- CTA (2002) "Agents for Net-Centric Warfare and Time Critical Targets", CTA Tech. Rep.
- Decraene J., Anderson M., Low M. Y. H. (2010) "Maritime Counter-Piracy Study using Agent-Based Simulations", In Proc.of ASS . pp. 82-89, Ap. 11-15, 2010, Orlando, FL, USA
- Fogel D. (2005) "Evolutionary Computation-toward a new philosophy of machine intelligence", IEEE Press series on Computational Intelligence
- Goldstein J. (2007) "Trial in Absentia Is Ordeal for Veteran Who Was Cleared by U.S. in a Killing", NY Sun, July 16
- Jakob M., Vanek O., Urban S., Benda P., Pechoucek M.,(2009) "AgentC: Agent-based Testbed for Adversarial Modeling and Reasoning in the Maritime Domain (Demo)", in Proc.of The 9th Int.Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, July
- Krulak C.C. (1999) "The Strategic Corporal: Leadership in the Three Block War" Marines Magazine
- Ladner R., Petry F. (2005) "Net-Centric Web Approaches to Intelligence and National Security", Springer, NYC
- Ladner R., Warner E., Petry F., Katikaneni U., Shaw K., Gupta K., Moore P. (2009) "Web Services: Evolving Techniques in Net-Centric Operations", Proceedings of MTS/IEEE OCEANS
- Liddy L. (2005) "The Strategic Corporal: Some Requirements in Training and Education", Australian Army Journal, Volume II, Number 2, 139-148
- Mavrakis D., Kontinakis N. (2008) "A queueing model of maritime traffic in Bosphorus Straits" Simulation Modeling Practice and Theory 16, 315–328, Elsevier
- Molagh J. (2009) "How Afghanistan's Little Tragedies Are Adding Up", Time, May 26
- Moniz D. (2002) "Afghanistan's Lessons Shaping New Military", USA Today, October 7
- Monperrus M., Jaozafy F., Marchalot G., Champeau J., Hoeltzener B., Jézéquel J. (2008) "Model-driven Simulation of a Maritime Surveillance System" Proceedings of the 4th European Conference on Model Driven Architecture Foundations and Applications (ECMDA'2008), Springer.
- Mosca R., Viazzo S., Massei M., Simeoni S., Carini D., B.C. (2004) "Human Resource Modelling for Business Process Re-Engineering", Proceedings of I3M2004, Bergamo, Italy, October
- Patton M.S. (2003) "ES2: Every Soldier is a Sensor", The Washington Post, November 5
- Ray D.P. (2005) "Every Soldier Is a Sensor (ES2) Simulation: Virtual Simulation Using Game Technology", Military Intelligence Professional Bulletin
- Reverberi A. (2006) "Human Behavior Representation & Genetic Algorithms Characteristics Fitting", Invited Presentation on Piovra Workshop, Savona
- Sang Hoo Baea, Jay Pil Choib (2006) "A model of piracy", Elsevier, Information Economics and Policy Volume 18, Issue 3, September 2006, Pages 303-320

SIMULATION-SUPPORTED SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Yuri Merkurjev, Galina Merkurjeva, Jana Bikovska (Riga, Latvia)

1. INTRODUCTION

Simulation is widely used in supply chain management (SCM). In particular, it is employed to support strategic, tactical and operational SCM decisions, to validate new developed supply chain management methods, to demonstrate efficiency of taken decisions, and to support education and training.

In this paper, use of simulation in supply chain management is illustrated by experiences gained within implementation of the ECLIPS (“Extended Collaborative Integrated Life Cycle Supply Chain Planning System”) research project of European Commission that ran from 2006 until mid 2009. It addressed the state-of-the-art in supply chain management. Six partners from the industrial, academic and consultancy sectors have teamed up to work together on this project. These were a Belgian consulting company Möbius, a French services company Eurodecision, a Belgian IT service company LoQutus, a Latvian academic partner Riga Technical University, as well as two industrial partners: a German company Huntsman and a Czech company PLIVA-Lachema Diagnostika. The main research subjects of the project were related to the minimisation of inventories during the different phases of the life-cycle of a product (Figure 1).

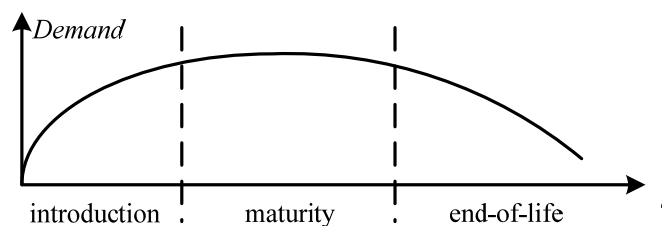


Figure 1: Product Life-Cycle

The aim of the project was to develop methods concerning essential decreasing of total inventories through the supply chain, in particular, with regard to: (1) demand forecasting at the introduction and outroduction phases of a product life-cycle, (2) implications of using cyclic planning techniques during the maturity phase, (3) automating the detection of life cycle changes.

Simulation has been extensively used in the ECLIPS project, e.g. for simulation-based optimisation of inventory-policy parameters, evaluation of life-cycle changes and validation of the research related to the implications of the use of cyclic planning techniques, as far as training in application of the developed SCM algorithms.

2. MULTI-ECHELON CYCLIC PLANNING

The ECLIPS project has been aimed at essential decreasing of total inventories through the entire supply chain by using appropriate management techniques at each phase of the product life-cycle, starting from the introduction phase, through the maturity phase, and finally to the end-of-life phase. Multi-echelon cyclic planning was used for organizing supply chain operation at the maturity phase (Merkurjev *et.al.* 2007).

For years, researchers and practitioners have primarily investigated a so called single-echelon approach, where one stage or facility in the supply chain is managed (Campbell and Mabert 1991). Recently, increasing attention has been given towards the performance, design, and analysis of the supply chain as a whole. A multi-echelon environment considers multiple processes and multiple stock points.

The underlying idea of *cyclic planning* in a multi-echelon environment is to use cyclic schedules for long term planning at each echelon and synchronisations with one-another. Every process in the supply chain, whether it is a purchasing, production or distribution process, is planned on a repetitive, “cyclic” basis, and the process cycles are synchronised and fit together. Cyclical schedules are preferred for the constant demand lot sizing problems. When demands are dynamic, flexibility in spacing production periods permits non-cyclical schedules to result in a lower total cost. However, the real life performance of a specific planning policy may differ from the theoretical one. More complex policies are less efficient in practice. Practical benefits are typically lower than theoretical ones. Cyclic schedules offer practical benefits in terms of easy planning and control and reduce administrative costs for monitoring planning policy. Cyclic long term benefits (Campbell, 1996; Schmidt *et.al.* 2001) result in reduction of safety stock buffers between echelons, time and cost of material handling; expected order and production lead times and costs, etc.

The focus of the multi-echelon cyclic planning research during the ECLIPS project was the development of techniques for multi-echelon cyclic planning at the tactical level, during the product maturity phase. It was based on an integrated approach that allows both analytical and simulation techniques in order to solve the problem.

3. VALIDATION THROUGH SIMULATION

Simulation was used in the ECLIPS project to support solving of the following tasks: (1) to back up decision making and optimization processes (simulation-based analysis of the optimality gap between planning policies, in order to decide about switching to the cyclic planning and simulation-based optimization of supply chain management parameters during the maturity phase, in order to perform the cyclic planning); (2) to validate developed algorithms; (3) to demonstrate efficiency of the developed approach to potential users; (4) to provide training in use of the developed algorithms.

Task 4 is considered in the next section, while tasks 1, 2 and 3 are discussed in (Merkuryeva & Vecherinska 2008; Merkuruyeva & Napalkova 2009; Merkuruyev *et.al.* 2007).

For validating research results of the ECLIPS project a new multi-echelon inventory simulator was built (Hatem *et.al.* 2009). It has been tested by simulating three different inventory management policies on a five echelon linear chain (Figure 2): (1) non-cyclic (ROP) policy; (2) cyclic policy without synchronisation (order cycles start at the same time); (3) cyclic policy with synchronisation (order cycles start at different moments depending on lead times).

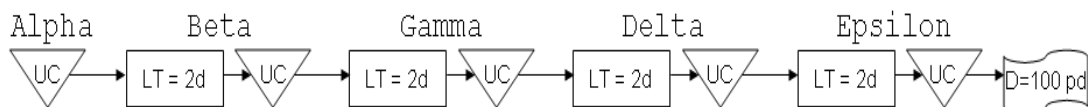


Figure 2: Five Echelon Linear Case

Different policies have been evaluated with the following performance metrics: service level and overall inventory. The following conclusions have been made: (1) the formulas used to calculate the inventory marginally put more inventories in the network if variation of demand increases in the cyclic case compared to the non-cyclic one; (2) synchronising the network when using a cyclic policy yields remarkable benefits.

Then simulation was performed for a real business case. Here more complex supply network structure with 15 nodes, organised in 5 echelons, 26 end products and 14 intermediary products was modelled (Figure 3). Obtained results confirmed conclusions made above.

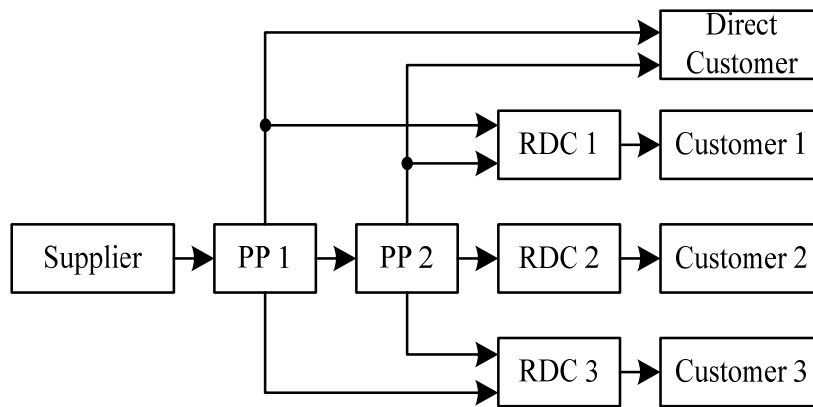


Figure 3: Business Case Network

Practical exploitation of the project results led to the following conclusions:

1. The service has not been threatened by implementation of the multi-echelon cyclic planning concept;
2. The predictability of the planning increased;
3. The planning process was simpler, because only production quantities had to be calculated;
4. Inventory levels dropped noticeably because inventory dropped at intermediary stocks.

4. BUSINESS GAME DEVELOPMENT

While the described simulator has originally been developed for the analysis and validation of inventory policies, it can be modified for other research purposes. One such possible exploitation of the simulator is related to use of simulation for training in application of the discussed approach to supply chain management. For this aim the business game has been developed within the ECLIPS project. Some other potential applications of the simulator are discussed in (Hatem *et.al.* 2009).

The developed ECLIPS game is aimed at providing a tool for practical demonstrating different aspects of supply chain management, i.e., general supply chain mechanisms as well as non-cyclic and cyclic inventory replenishment policies. It helps to evaluate players' efficiency at applying these concepts in practice. In its most summarized form, the ECLIPS game can be described as a set of paper cards placed on the table that are used to model a supply chain where players move inventory, represented by number of tokens, period by period according to inventory replenishment policies which are influenced by demand that occurred at the end of the chain. Players gain insights by going through different scenarios where the supply chain/network and/or the policies are changed. Overall purpose of the game is to decrease the total costs by coordinating orders across the supply chain, while providing a certain service level (usually 95%). In details general rules and mechanics of the game have been described in (Merkuryev *et.al.* 2009).

The game layout is represented in Figure 4. Here a four echelon supply chain is considered. The initial stock of products, represented by tokens, is placed on the respective card. It is important to note that stock of raw material is unlimited as well as there is no capacity constraint for stock points and transport. The possibility of backlogging is not considered in the game. End customer demand has a stochastic nature and is generated by tossing dices.

When playing the game, a variety of supply chain networks can be modelled, for instance, to simulate the current supply chain environment of the participants playing it. This feature distinguishes the ECLIPS game from other supply chain games.

5. CONCLUSIONS

In the ECLIPS project, simulation proved to be a key factor in development and validation of advanced supply chain management methods. In particular, it was valuable for the theoretical validation of multi-echelon cyclic planning concepts that convinced the project industrial partners for testing multi-echelon cyclic planning in their business environment. Development of a simulation business game for training in application of different approaches to supply chain management is another example of exploiting simulation in the ECLIPS project. Synergy of simulation and gaming efficiently demonstrates advantages of the developed approach to potential users as well as provides training in use of different inventory management algorithms. While currently the game is manually implemented, a computerised version is considered as the next step in development of the game.

REFERENCES

- Axsäter, S., 2000. *Inventory Control*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Campbell, G., and Mabert, V., 1991. Cyclical schedules for capacitated lot sizing with dynamic demands. *Management Science*, 37 (4), pp. 409–427.
- Campbell, G., 1996. Cyclic assembly schedules for dynamic demands. *IIE Transactions*, 28, pp. 643-651.
- Chopra, S. and Meindl, P., 2010. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 4th ed. Upper Saddle River: Pearson.
- Hatem, J., Merkurjev, Y. and Merkurjeva, G., 2009. Supply Chain Simulation in the ECLIPS Project Revisited. *Proceedings of the Seventh International Conference on Simulation in Industry and Services*, pp. 75-94. 4 December 2009, Brussels, Belgium.
- Merkurjev, Y., Hatem, J., Merkurjeva, G., Bikovska, J. and Desmet, B., 2009. Business simulation game for teaching multi-echelon supply chain management. *Int. J. Simulation and Process Modelling*, 5(4), pp. 289-299.
- Merkurjev, Y., Merkurjeva, G., Desmet, B., and Jacquet-Lagrange, E., 2007. Integrating Analytical and Simulation Techniques in Multi-Echelon Cyclic Planning. *Proceedings. First Asia International Conference on Modelling and Simulation. AMS 2007. Asia Modelling Symposium 2007*, pp. 460-464. 27-30 March 2007, Phuket, Thailand.
- Merkurjeva, G., Vecherinska O., 2008. Simulation-Based Approach for Comparison of (s, Q) and (R, S) Replenishment Policies Utilization Efficiency in Multi-echelon Supply Chains. *Proceedings of UKSim Tenth International Conference on Computer Modelling and Simulation, EUROSIM/UKsim-2008*, pp. 434-440. 1-3 April 2008, Cambridge, UK.
- Merkurjeva, G., Napalkova L., 2009. Supply Chain Cyclic Planning and Optimisation. In: Merkurjev Y., Merkurjeva G., Pierra M.A. and Guash A., ed. *Simulation-Based studies in Logistics: Education and Applied Research*. London: Springer-Verlag, pp.89-111.
- Schmidt, E., Dada, M., Ward, J., and Adams, D., 2001. Using cyclic planning to manage capacity at ALCOA. *Interfaces*, 31 (3), pp.16-27.
- Simchi-Levi, D., Kaminski, P., Simchi-Levi, E., 2003. *Designing & Managing the Supply Chain*. New York, McGraw-Hill.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРСКИХ ГРУЗОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ НОВОРОССИЙСКОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА

В. В. Глейм (Санкт-Петербург)

В настоящее время основным фактором, влияющим на принятие решения о целесообразности создания нового или изменении существующего морского грузового терминала, являются результаты технологического проектирования. Процесс технологического проектирования включает применение аналитических методов, позволяющих определить основные технические данные, характеризующие грузовой терминал, учёт которых позволяет обеспечить достижимость требуемых (заданных) характеристик терминала. К техническим данным относятся: вместимость складов; пропускная способность складов; пропускная способность грузовых фронтов и др. характерные для того или иного вида терминала параметры (например, средняя ярусность складирования в случае контейнерных терминалов). Требуемыми же характеристиками являются: объём и структура годового грузопотока.

Главным недостатком применяемых аналитических методов является то, что они позволяют в качестве исходных параметров учитывать лишь основные вероятностные распределения, а результирующими данными являются только средние величины показателей, без учёта возможности оценки отклонений величин показателей с заданной точностью. Однако грузовой терминал является сложной системой, характеристики которой адекватно не могут быть описаны только вероятностными распределениями. Например, прибытие судов не является случайной величиной в широких временных рамках порядка недели, а определяется достаточно чётким расписанием. Кроме того, случайные факторы – такие как: отказ оборудования, локальное нарушение расписания прибытия судов (опоздание в рамках временного окна), ухудшение погодных условий и др. – не могут быть учтены при аналитическом расчёте.

В свою очередь, различные объёмы судовых партий и неравнозначность интервалов между прибытиями судов приводят к значительным неравномерностям количества груза на складе, что важно знать для определения зависимости данного количества от времени хранения на складе. В случае контейнерных терминалов значительные колебания количества складированных контейнеров могут привести к повышению высоты складирования контейнеров на складе – значит, и выборка контейнеров из штабеля сопровождается ростом времени выполнения операций, что сказывается на показателях качества обслуживания клиентов и на требованиях к внутрипортовому транспорту. Однако расчётные методы определения требуемого количества транспортных средств с учетом упомянутых факторов, а также необходимости распределения общих ресурсов между транспортными операциями отсутствуют.

Из всего этого следует, что данные, полученные в результате применения аналитических методов, не во всех случаях будут адекватно описывать проектируемый терминал. Для более точного расчёта целесообразным является применение метода имитационного моделирования, лишённого упомянутых выше недостатков.

Демонстрацию возможностей применения метода имитационного моделирования для решения обозначенных задач можно осуществить на примере модели Новороссийского контейнерного терминала (рис. 1). Данная модель была разработана компанией ООО «Экс Джей Текнолоджис» (XJ Technologies) для компании ООО «Морстройтехнология». Разработка велась в среде имитационного моделирования AnyLogic™.

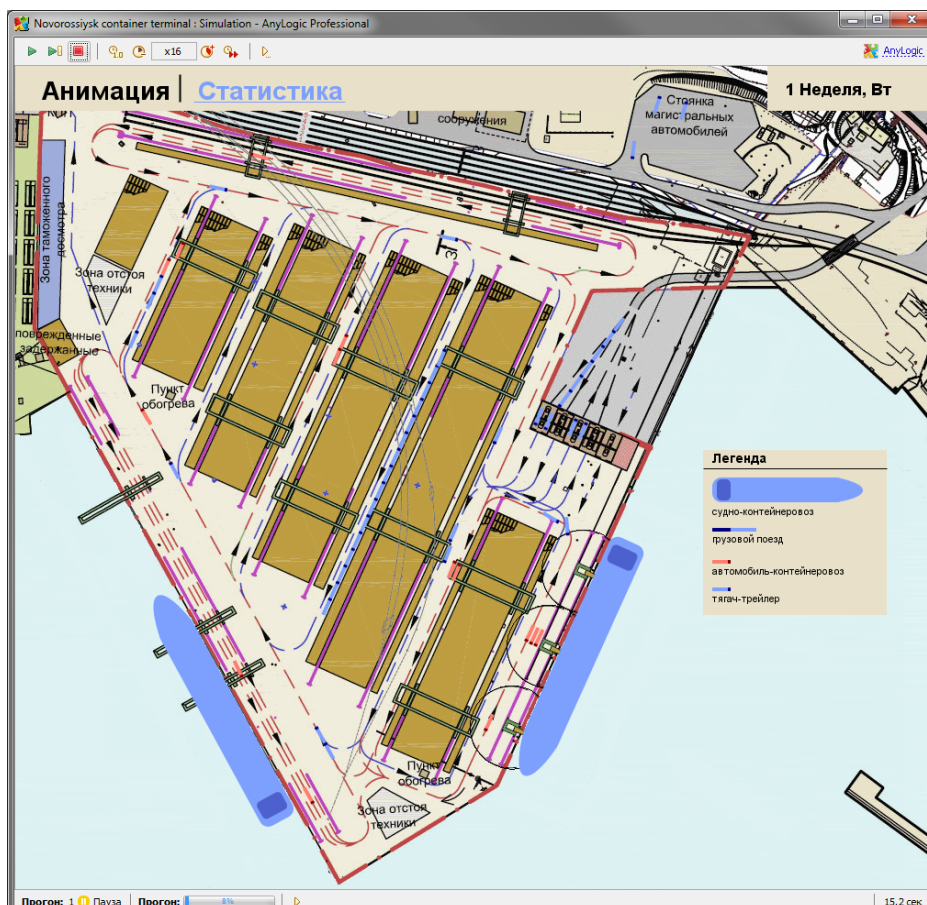


Рисунок 1 – Анимация имитационной модели

Имитационная модель Новороссийского контейнерного терминала обладает рядом особенностей, которые позволяют с достаточной точностью проводить расчёт требуемых показателей.

Имитационная модель позволяет задавать различные варианты расписания движения внешних транспортных средств по различным грузовым фронтам (МГФ – морской грузовой фронт, ЖГФ – железнодорожный грузовой фронт, АГФ – автомобильный грузовой фронт), задавать структуру контейнерного грузопотока для различных судоходных линий с разделением на импорт и экспорт с учётом типа контейнеров, вводить различные параметры пропускных способностей (допустимых интенсивностей обработки) по различным структурным элементам терминала (МГФ, ЖГФ, АГФ, КПП – контрольно-пропускной пункт), задавать различные параметры для системы внутрипортовой транспортировки (количество транспортных средств на различных участках терминала, возможность объединения их в единый ресурс, допустимые длины очередей), учитывать различные варианты построения склада (количество складывающего оборудования, интенсивности работы, площади и высоты складирования).

Задание перечисленных исходных данных (рис. 2) осуществляется как с помощью базы данных в формате MS Excel (Access), так и через интерфейс самого приложения модели. Данный подход позволяет учитывать не только простые численные параметры (например, интенсивность работы порталных причальных контейнерных перегружателей или скорость передвижения транспорта на территории терминала), но и сложные структуры данных (например, расписание прибытия судов-контейнеровозов или распределение объёма грузопотока в зависимости от типа контейнеров).

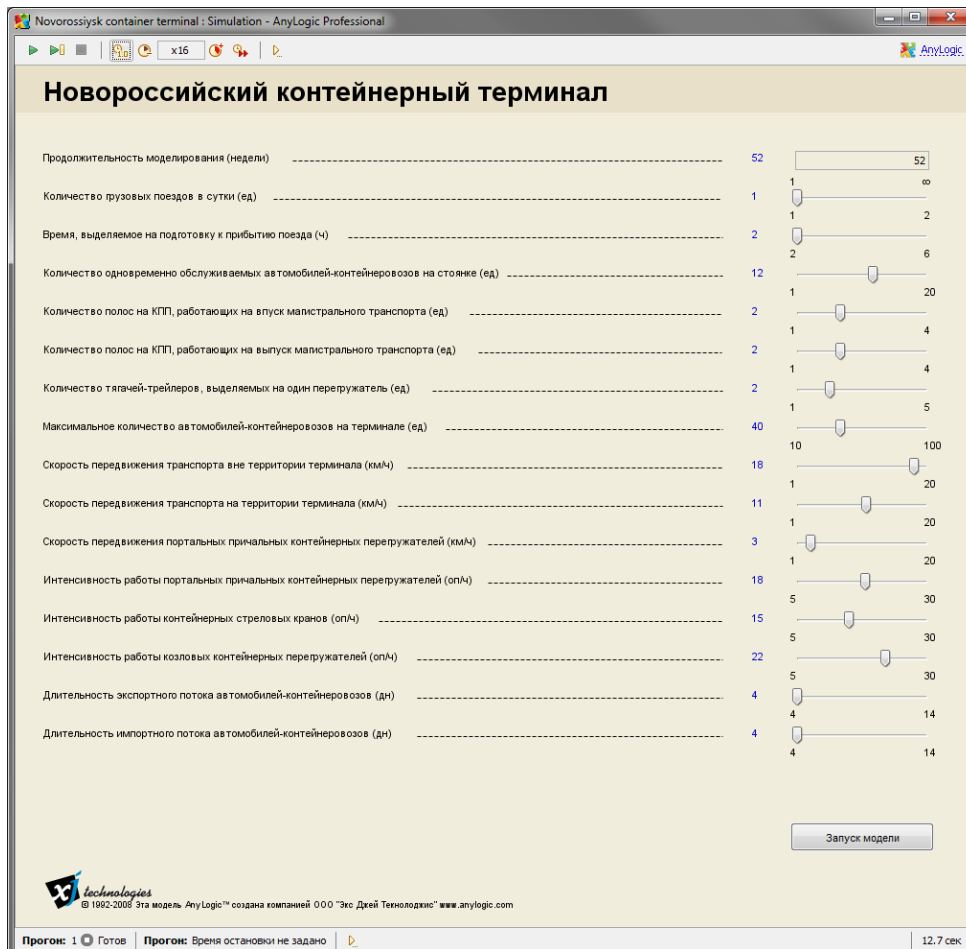


Рисунок 2 – Задание основных параметров модели

Имитационная модель осуществляет регистрацию динамических параметров, характеризующих различные аспекты функционирования терминала: объём экспортного и импортного грузопотока; ярусность складирования контейнеров; время пребывания транспорта на терминале; степень использования технологического оборудования; время ожидания обслуживания магистрального транспорта; длины очередей магистрального и внутривортового транспорта.

Представление результатов моделирования осуществляется в графическом, табличном и текстовом виде (рис. 3). Динамика объёма грузопотока, равно как и ярусность складирования контейнеров отображается на временной диаграмме с разбивкой на экспорт и импорт. Распределение времени нахождения транспорта на терминале и длин очередей транспорта представлены в виде гистограмм. Все данные могут быть сохранены в структурированном виде во внешний файл, будь то простой текстовый файл или электронная таблица.

Используя имитационную модель, можно промоделировать годовую работу терминала за несколько минут и получить оценку отмеченных выше показателей. Т. о. модель даёт возможность в течение короткого времени осуществить проверку нескольких вариантов функционирования терминала, выполняя так называемые сценарии что-если. При этом модель предоставляет не только конечный результат расчётов, но также позволяет наблюдать за функционированием терминала и динамикой изменения показателей его эффективности с течением времени.

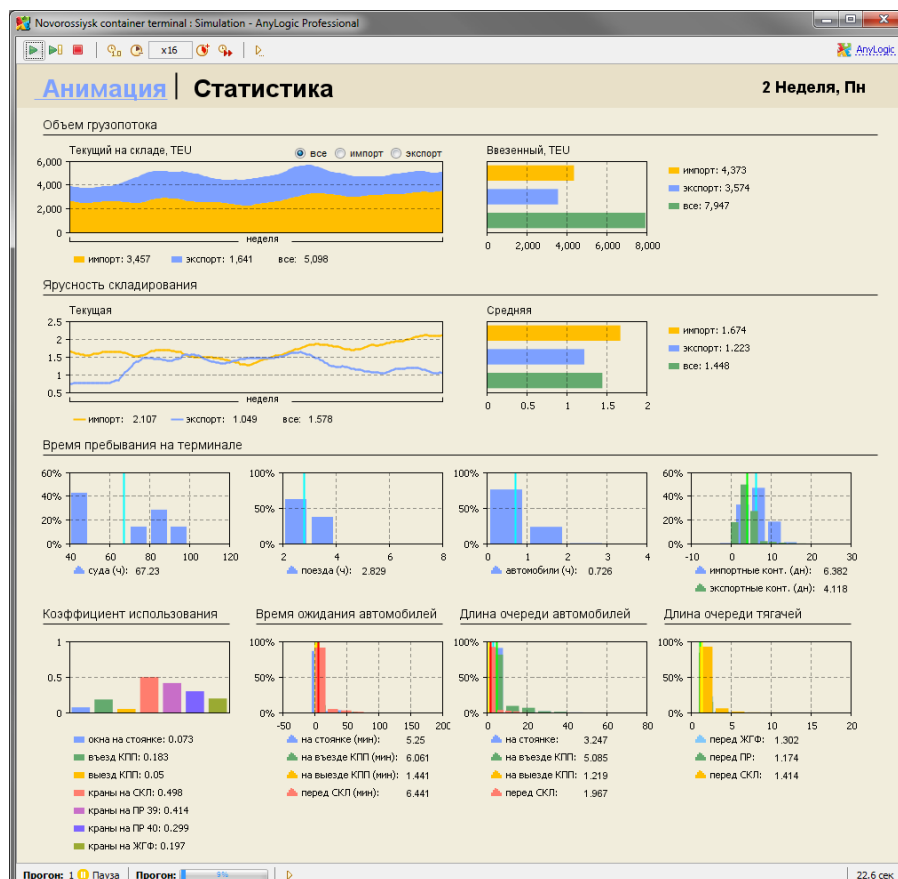


Рисунок 3 – Отображение результатов моделирования

Моделированием контейнерных терминалов применение метода имитационного моделирования в этой области не ограничивается. Рассмотренная модель является лишь примером того, какие результаты могут быть достигнуты с помощью данной технологии. Модель контейнерного терминала можно рассматривать как технологическую базу, которая может быть переиспользована и расширена для моделирования грузовых терминалов по обработке наливных, навалочных, насыпных, генеральных и др. видов грузов. Кроме специфических для того или иного типа терминала бизнес-процессов (например, переброска наливных грузов посредством трубопровода), структура и детализация модели может быть изменена для учёта большего количества элементов терминала (например, различные складские зоны – открытого или закрытого типа) и степени их детализации (например, перетарка грузов или учёт времени таможенного досмотра в зависимости от типа груза).

В итоге, имея имитационную модель, которая с необходимой и достаточной степенью адекватности описывает функционирование морского грузового терминала, можно осуществить предпроектную проработку вариантов развития (строительства, модернизации) терминала, составить качественную проектную документацию и сделать ряд экспертных заключений по проекту. На основе оценок, полученных с помощью имитационной модели, можно принять более обоснованные решения о строительстве объектов на терминале, что в итоге позволит повысить пропускную способность терминала, достичь значительного прироста грузооборота и увеличить качество сервиса конечных клиентов.

Ознакомиться с апплетом модели «Новороссийский контейнерный терминал» можно на сайте «Экс Джей Текнолоджис»: <http://www.xjtek.ru/anylogic/demo-models/logistics/>

ПРИМЕНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS WORLD ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДОСБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СОСТАВЕ СОВРЕМЕННЫХ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ВЕРФЕЙ

В. В. Девятков, М. В. Федотов (Казань),
М. А. Долматов, Р. С. Ниссенбаум (Санкт-Петербург)

Технологу-судостроителю на практике очень часто приходится принимать и оценивать принимаемые проектные решения в условиях большой неопределенности. Например, при разработке проектов новых или модернизации существующих производств, начальных этапах проектирования, при внедрении нового оборудования, технологии и т.д. Чем сложнее схема организации проектируемого или модернизируемого судостроительного производства, тем больше возникает самых разнообразных вопросов. Например, что будет с анализируемой производственной системой, если:

- увеличится производственная программа?
- изменится структура плана производства?
- будет закуплено новое оборудование?
- увеличатся производственные мощности?
- изменится технология строительства судов?
- и т.д.

Специалистами ООО «Элина-Компьютер» и ОАО «ЦТСС» в течение нескольких последних лет была проведена работа по созданию и апробации имитационных моделей на базе GPSS World в процессе проектирования технологии строительства судов на базе судосборочных комплексов (сухих доков) в составе современных судостроительных верфей. В результате создано имитационное приложение «Оценка и прогнозирование принимаемых решений технологом в процессе проектирования ПСК с сухими доками», которое позволяет охватить весь комплекс имитационных исследований с момента постановки задачи и ввода исходных данных для модели до разработки модели и проведения на ней экспериментов.

Имитационное приложение представляет собой комплекс компонент, написанных на языке C#.NET и основанных на Flash-технологии. Накопление и управление данными реализовано посредством СУБД MS SQL Server. В качестве моделирующего ядра приложения выбран язык GPSS World.

Почему же была выполнена разработка нового программного решения, а не использованы существующие программные решения (например, компаний Dassault Systems, Siemens PLM Software и др.) по ИМ в области судостроения?

Во-первых, многие существующие решения являются универсальными и предназначены для решения широкого круга задач применительно в различным типам производственных и иных систем. Поэтому с их помощью достаточно сложно учесть особенности и нюансы конкретной технологии, особенно применительно к задачам судостроения, либо это требует значительных затрат.

Во-вторых, это очень дорогостоящие решения, и они не все локализованы для применения в России. Кроме того, их практическое применение требует наличия обученных специалистов.

Учитывая задачи ОАО «ЦТСС» по проектированию технологических процессов новых корпусостроительных производств, и акцентируя внимание на детальном проектировании технологий выполняемых в доке, в имитационном приложении были реализованы следующие функции:

- оценка выполнимости производственных программ по строительству судов;
- нахождение оптимальных показателей работы инфраструктуры дока (по количеству судов, времени строительства и т.д.);
- анализ влияния факторов (оборудование, технология, параметры стапельных позиций и т.д.) на показатели функционирования производства;
- поиск и устранение узких мест производственной системы (очереди, простои, перегрузка, и т.д.).

Создание собственного имитационного приложения позволило не ограничивать степень детализации имитационной модели ни теоретически, ни технически и определялась задачами, поставленными при разработке. Принятый в приложении уровень детализации технологии строительства судов приведен на рисунке 1.



Рисунок 1. Технология строительства судов в приложении

Все данные в приложении логически организованы в виде трех баз данных - базы данных предметной области, базы данных моделей и базы данных результатов. Эти базы данных доступны любому пользователю, как для ввода данных, так и для использования при построении модели. В базе данных предметной области хранится общая информация о строящихся судах, производственном и транспортном оборудовании, технологиях постройки, вариантах производственных планов и т.п. После создания модели можно провести с ней один или серию экспериментов. Результаты моделирования сохраняются в базе данных результатов.

Рассмотрим основные этапы работы пользователя с приложением.

Ввод исходных данных и построение модели. В состав приложения входит семь специализированных текстовых и графических редакторов для ввода исходной и статистической информации, которые ориентированы на предметную область, удобны и просты в использовании. Они позволяют: вводить характеристики строящихся судов, производить разбивку корпусов судов на СЕ и СМЕ, осуществлять проектирование технологий формирования корпуса на стапельной позиции, конструировать планировки доков и размещать в них оборудование; задавать производственный план постройки судов; формировать план поступления СЕ и СМЕ в док.

В результате работы с редакторами, пользователь формирует набор данных, по которому строится модель и проводятся эксперименты.

Внешний вид рабочих окон редакторов ввода исходных данных и построения модели, приведен на рисунке 2.

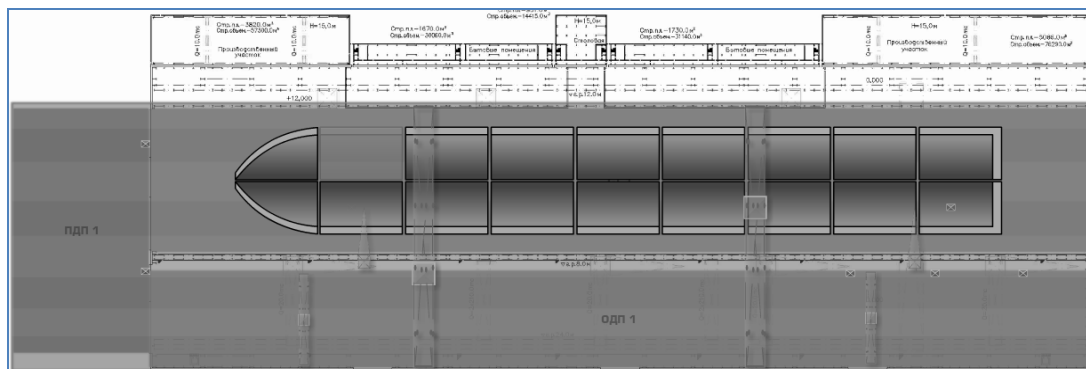


Рисунок 4. Анимация процесса сборки корпуса судна

По результатам серии экспериментов, имитационное приложение формирует и выводит данные в виде сводных графиков показателей работы производства. Пример графического представления данных по длительности технологических операций и выполнимости производственной программы, представлен на рисунке 5.

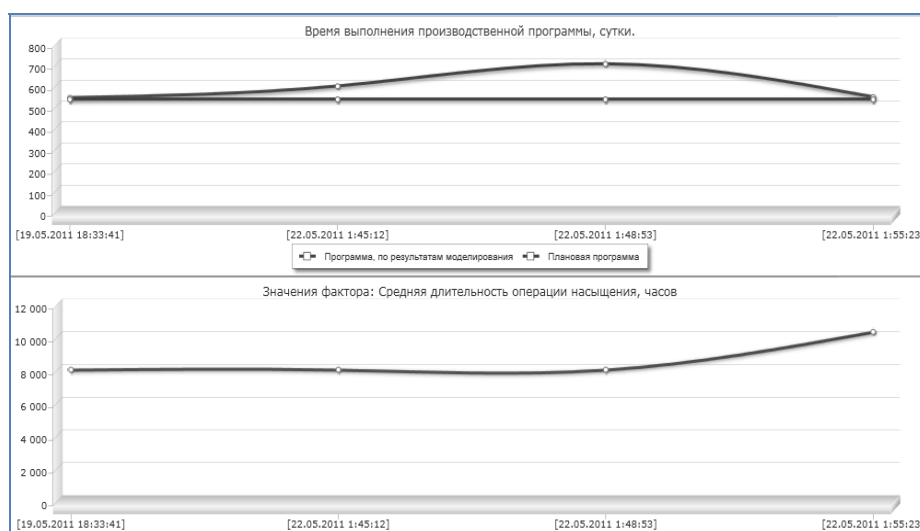


Рисунок 5. Представление статистических данных

Сохранение результатов исследований. Любой фрагмент исходных данных области параметров модели (сведения об оборудовании, список и характеристики судов, планировки дока, технология сборки и т.д.), результаты выполнения эксперимента на модели и сравнительные результаты серий экспериментов могут быть сохранены и представлены в формате текстового редактора Microsoft Word. В дальнейшем можно использовать эти данные при разработке отчетной документации по проекту производства: отчетов, справок, технических предложений и т.д.

Применение имитационного моделирования на этапах проектирования в настоящее время стало одним из средств верификации принимаемых организационно-технических и проектных решений и оптимизации затрат на реконструкцию предприятий. В настоящее время ОАО «ЦТСС» выполняет разработку проектов модернизации производств ряда судостроительных и судоремонтных предприятий России, в том числе ОАО «ПСЗ «Янтарь», Калининград. В рамках этих проектов планируется использование имеющихся наработок в области имитационного

моделирования, полученных в рамках ранее выполненных работ. Применение разработанного приложения возможно для предварительной оценки принимаемых решений на начальных этапах разработки проектов судосборочных комплексов верфей.

Литература

1. **Девятков В.В.** Руководство пользователя по GPSS World, Мастер Лайн, 2002.
2. **Кудрявцев Е.М.** GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем, ДМК Пресс, 2004.
3. **Девятков В.В.** Разработка приложений в среде GPSS World Статья. - В сб. докладов конференции ИММОД-2005 «Имитационное моделирование. Теория и практика». СПб.: ФГУП ЦНИИТС, 2005.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

**М. А. Долматов, Р. С. Нисенбаум, А. М. Плотников, Д. О. Федотов
(Санкт-Петербург)**

Для мировой практики разработки технологических проектов реконструкции судостроительных предприятий характерно применение методов имитационного моделирования с целью оптимизации схем материальных потоков, состава и характеристик технологического оборудования. Это сокращает сроки и снижает трудоемкость постройки судов и кораблей.

Использование инструментальных пакетов имитационного моделирования позволяет совмещать различные подходы для повышения адекватности создаваемых моделей реальным производственным системам. Для отдельных фрагментов производства (участков, цехов) могут использоваться методы дискретно-событийного моделирования. В случае моделирования сложного оборудования наряду с дискретно-событийными методами могут применяться и методы агентного моделирования для более точного отражения взаимодействия оборудования с инфраструктурой участка или цеха и обслуживающим персоналом.

Специалистами ОАО «ЦТСС» разработан ряд проектов реконструкции судостроительных предприятий России (ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО «СЗ «Северная верфь», ОАО «ПСЗ «Янтарь» и нек.др.). Особенностью этих проектов стало то, что в каждом из них применялось имитационное моделирование для анализа функционирования производств с целью оптимизации схем материальных потоков, состава и характеристик технологического оборудования. Рассмотрим кратко полученные результаты работ.

В проекте реконструкции предприятия ОАО «СЗ «Северная верфь» выполнено моделирование трех производств: корпусообработывающего, сборочно-сварочного и стапельного.

Цель реконструкции – обеспечить технико-экономические показатели реконструируемого производства предприятия на уровне ведущих верфей мира. Рассматривалось несколько вариантов, которые отличались габаритными размерами используемого проката (вариант листа 2х8 м и 3,2х12 м), а также комплектацией технологического оборудования и его компоновкой на участках. Объем обрабатываемого металла планировалось довести в перспективе до 30 тысяч тонн проката в год.

Цели моделирования:

- обоснование выбора проектантом наиболее оптимальной организационно-технологической схемы производства;
- проверка эффективности совместного функционирования сложного комплекса оборудования, расположенного в цехе;
- уточнение схемы материальных потоков и загрузки оборудования.

Созданная модель включала более 50 единиц оборудования на участках корпусообработывающего и сборочно-сварочного производств, участке предварительной обработки металлопроката, а также на открытом складе (рисунок 1).

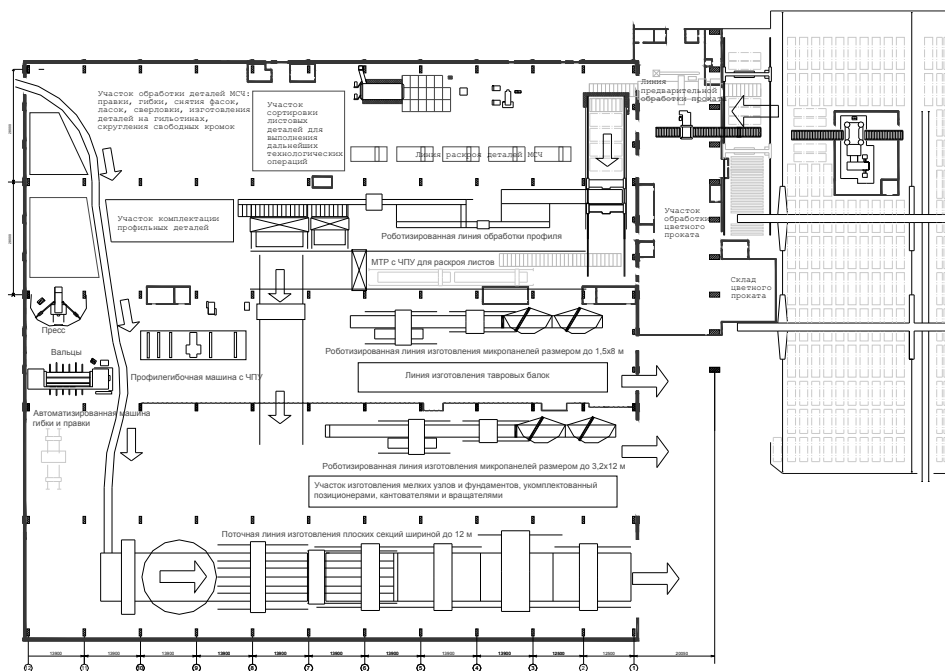


Рисунок 1 – Схема размещения оборудования

Для моделирования использовался пакет AnyLogic Professional. В качестве исходных данных использованы проектные данные по одному из предлагаемых вариантов модернизации производства, статистика по работе технологического оборудования и производственных линий, данные типовых технологических процессов, статистика по строящимся и планируемому к постройке на верфи изделиям.

Создание модели выполнялось с учетом следующих требований:

- возможности поэтапной модернизации;
- проведение реконструкции без остановки действующего производства;
- сохранение в процессе модернизации отдельных единиц оборудования;
- возможности размещения на существующих производственных площадях дополнительных производственных участков;
- проверка используемой принципиальной технологии постройки.

Созданная модель поддерживает регулировку следующих параметров: период модельного времени, распределение толщин и габаритов заказного листа, распределение по типам деталей, режимы работы оборудования и циклы его «изъятия», длительность транспортных операций, численность персонала.

Для работы пользователя с моделью средствами AnyLogic разработан графический пользовательский интерфейс (рисунок 2).

Пользовательский интерфейс позволяет отслеживать загрузку производственного оборудования в процессе эксперимента, выполнять регулировку основных параметров (производственной программы и режимов работы МТР). В модель также была включена упрощенная анимация материальных потоков цеха.

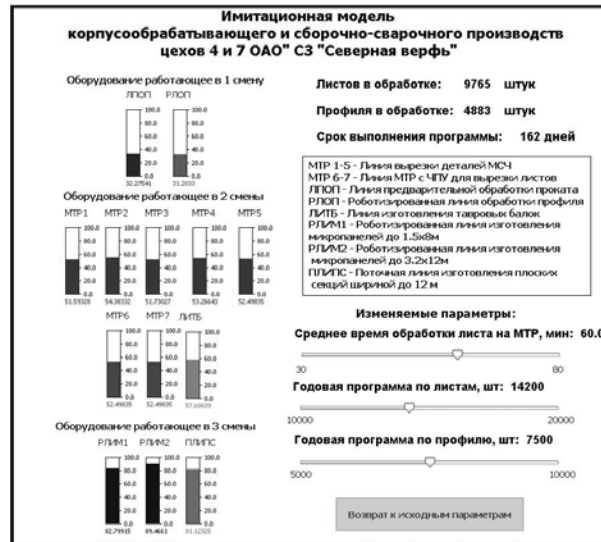


Рисунок 2 – Пользовательский интерфейс имитационной модели

В результате экспериментов подтверждена возможность выполнения расчетной программы и уточнена загрузка отдельных единиц оборудования.

Имитационная модель показала, что пропускная способность оборудования по обработке проката при работе в две смены может быть увеличена для линии предварительной обработки – до 2 раз; оборудования тепловой резки листов – до 1,5 раз; роботизированной линии обработки профильных деталей – до 2 раз.

При реализации заданной расчетной программы участки сборочно-сварочного производства будут полностью загружены. Следовательно, при увеличении производственной программы верфи потребуются загрузка других цехов или участков.

Моделирование подтвердило, что реконструируемое производство позволяет осуществить обработку до 30 тысяч тонн металлопроката в год. Подтверждена возможность выполнения годовой расчетной программы при 2-х сменной работе цеха.

При заданной расчетной программе и 2-х сменной работе роботизированные линии сборки и сварки плоских секций и микропанелей загружены почти полностью.

Проект реконструкции корпусостроительного производства ОАО «СЗ «Северная верфь» разрабатывался с целью создания современного производства, ориентированного на строительство широкой линейки судов и кораблей.

В состав интерфейса модели корпусостроительного производства включена анимация этапов формирования секций, блоков и другие сборочных единиц строящегося заказа на стапеле (рисунок 3).

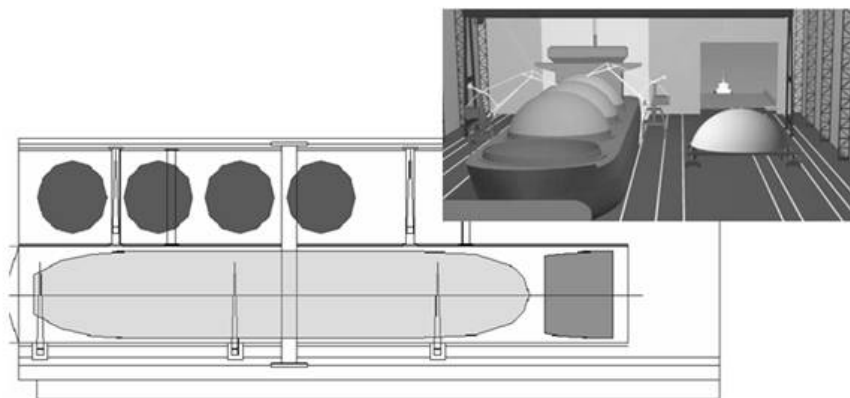


Рисунок 3 – Формирование заказа на стапеле (фрагменты интерфейса модели)

С использованием пакета AnyLogic специалистами ОАО «ЦТСС» разработаны типовые имитационные модели корпусостроительных производств, описывающих процесс строительства ряда классов судов и кораблей. Выбор для разработки типовых моделей корпусостроительного производства обусловлен тем, что это наиболее важный период строительства судна, трудоемкость всех работ, выполняемых на построечном месте, достигает 40 % общей трудоемкости постройки.

Разработке имитационных моделей предшествовал системный анализ корпусостроительных производств отечественных верфей как совокупности принципиальных организационно-технологических решений, технологических процессов и компоновочных схем. Были систематизированы и представлены в виде отдельной базы данных необходимые для разработки моделей материалы.

Общие характеристики корпусостроительных производств, на основе которых оказалось возможным выполнить типизацию, следующие: тип построечного места, тип используемого кранового и транспортного оборудования, класс строящихся судов.

В отдельных случаях в моделях предусмотрен учет процессов монтажа крупных единиц оборудования (особенно для заказов большого водоизмещения). Для каждой из моделей разработан свой пользовательский интерфейс (рисунок 4).

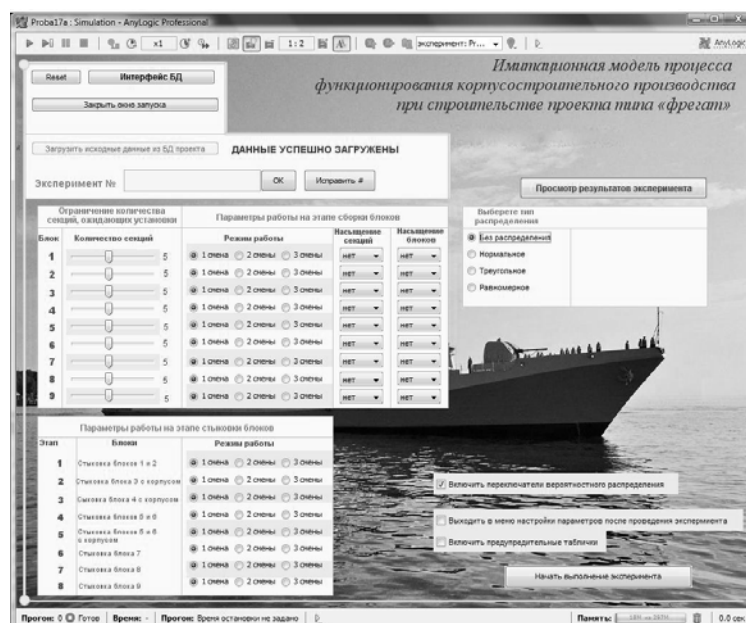


Рисунок 4 – Интерфейс типовой имитационной модели

В состав типовых имитационных моделей включены следующие виды объектов: транспортное и крановое оборудование, плавучие доки, стапельные участки, другие производственные участки корпусостроительного производства.

Выбор того или иного технологического процесса корпусостроительного производства выполнялся в зависимости от ряда факторов, в частности от класса строящегося проекта. Были проработаны несколько вариантов принципиальных технологий, ориентированных на реализацию во вновь создаваемых (планируемых к созданию) производствах. Все варианты разнятся классами и типами планируемых к строительству судов и кораблей (фрегат, корвет, танкер, газовоз, сухогруз, катер), их водоизмещением и объемом обрабатываемого металла в год (до 120, 46 и 5 тыс. тонн).

По каждому проекту в имитационную модель включались следующие данные:

- количество сборочных блоков и количество секций в составе блоков;
- укрупненные данные по трудоемкости выполнения сборочных операций

(среднестатистические значения; математические распределения различного рода);

- информация о последовательности формирования корпуса на построечном месте из секций и блоков;

- планируемая годовая производственная программа.

В качестве производственной информации в моделях использовались:

- данные по технологии изготовления корпусов на стапельных позициях;
- усредненные временные характеристики функционирования транспортного и кранового оборудования (нормативные и статистические данные);

- номенклатура основных зданий и сооружений (здания, построечные места), основные их характеристики;

- данные по складским площадкам (месторасположение, вместимость).

Разработка моделей выполнена с учетом следующих особенностей:

- участки могут размещаться как в различных пролетах одного цеха, но и в отдельных зданиях;

- на предприятии могут быть построечные места различного типа и варианта исполнения;

- заказы, строящиеся на стапельных площадках, могут относиться к разному классу (т.е. иметь различный алгоритм формирования корпуса);

- строительство судов определенного класса может требовать учета взаимодействия стапеля с другими производственными цехами;

- задержки в поставке различного оборудования, устанавливаемого на строящихся заказах, значительно влияющих на длительность стапельных работ.

Перечень основных управляющих параметров включал параметры, влияние которых по экспертной оценке на производственные процессы и длительность стапельного периода было бы наиболее заметно. Такими параметрами были: насыщенность секций и сменность работы.

Выполнение экспериментов на имитационной модели осуществлялось в целях:

- получения статистики по работе модели для оценки влияния регулируемых параметров на длительность стапельного периода;

- анализа «узких» мест и выявления возможных путей их ликвидации;

- оценки влияния насыщенности секций, поступающих на сборку блоков, на длительность стапельного периода и определения оптимальной их насыщенности.

Результаты экспериментов позволили сформулировать и обосновать рекомендации по оптимальной загрузке бригад как при выполнении сборки и сварки блоков, так и при формировании корпуса из блоков. Получена статистика по длительности формирования сборочно-монтажных единиц, длительности стапельного периода, сформирован график постройки заказа. Построены кривые, отражающие зависимость общей продолжительности формирования сборочно-монтажных единиц и сборки корпуса от режима работы производственных участков и первоначальной насыщенности секций (рисунок 5), поступающих на стапельную позицию. Полученная статистика позволила сделать выводы об оптимальных значениях регулируемых параметров и, следовательно, дать рекомендации по оптимальным режимам функционирования производства.

Характер кривой показывает, что повышение насыщенности поступающих на стапельную позицию секций выше рекомендуемого значения не приводит к сколько-нибудь значимому сокращению длительности стапельного периода. Данный вывод применим только к исследованному производству, и обусловлен ограничениями и особенностями конкретной производственной системы предприятия.

Созданная имитационная модель производства позволяет автоматически определить значения тех или иных производственных параметров, которые при традиционных подходах определялись (и определяются до сих пор) методами прямого расчета, с

использованием нормативной и проектной документации. Это позволяет, с одной стороны, использовать все ранее собранные статистические данные и инженерный опыт специалистов, а с другой – оперативно учитывать все изменения в проекте и отработку вариантов его исполнения, получить более точные значения необходимых параметров, чем при традиционно применяемом расчете.

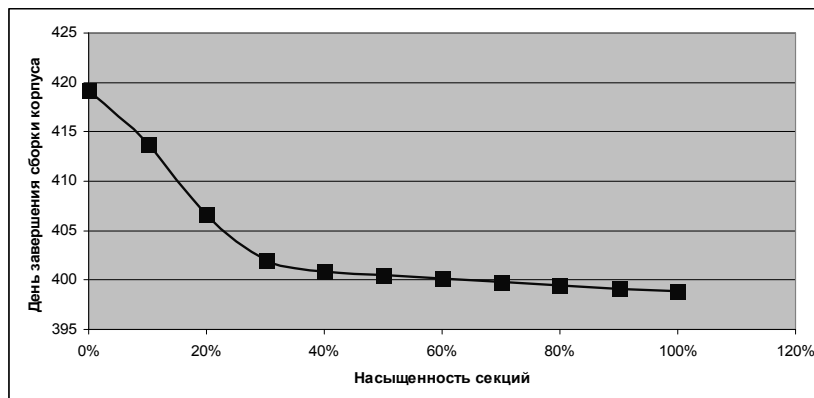


Рисунок 5 – Зависимость стапельного периода от насыщенности секций

Опыт ОАО «ЦТСС» показал, что использование имитационных моделей при разработке проектов модернизации и реконструкции как существующих, так и новых производств способствует более эффективному решению задач оптимизации производственных систем и технологических процессов. Ряд российских верфей уже осознали всю важность предварительного «виртуального» моделирования. Поэтому практика включения в состав выполняемых проектных работ создание имитационных моделей для анализа функционирования модернизируемых производств воспринимается сейчас как вполне необходимая к решению проектантом задача.

В настоящее время в ОАО «ЦТСС» разрабатывается несколько проектов реконструкции производств ряда отечественных и зарубежных предприятий, в рамках которых планируется использование ранее полученных наработок в области имитационного моделирования производственных процессов судостроительных предприятий.

Литература

1. **Васильев А. А., Долматов М. А., Плотников А. М., Попов В. И.** Разработка организационно-технологических проектов технического перевооружения и реконструкции судостроительных предприятий Санкт-Петербурга с применением методов имитационного моделирования. Морской вестник № 3 (6), Санкт-Петербург, 2007.
2. **Васильев А. А., Долматов М. А., Плотников А. М., Федотов Д. О.** Опыт применения программных средств имитационного моделирования при разработке технологических проектов модернизации корпусостроительных производств судостроительных предприятий. Сборник докладов четвертой научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности конференции «ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА» ИММОД-2009. Том 2, Санкт-Петербург, 2009.
3. **Карпов Ю. Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРА ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ НА МОРЕ

Д. В. Киптилый, Ю. Б. Колесов, Д. В. Лебедев, Ю. Б. Сениченков, С. В. Тарасов
(Санкт-Петербург)

1. Введение

Построение тренажёра современного грузового судна [1] подразумевает создание и объединение математических моделей судовых технологических систем. В их число входят такие системы как балластная, грузовая, система инертного газа, пожаротушения, очистки грузовых танков и т. п. Эти системы состоят из большого количества элементов. Например, грузовые системы танкеров-перевозчиков химикатов могут состоять из нескольких десятков танков, сотен труб и управляющих клапанов. Математическое моделирование подобных систем в реальном времени является достаточно сложной задачей и требует особого подхода. Сложность математического описания динамики поведения рассматриваемых систем заключается в том, что эта динамика определяется несколькими тысячами нелинейных дифференциально-алгебраических уравнений переменной структуры. Логика изменения системы уравнений определяется тысячами условий. Построение такой модели вручную – задача практически невыполнимая. Единственным выходом является использование компонентного моделирования [2]. Современное компонентное моделирование является объектно-ориентированным [3]. При использовании этого подхода проводится объектно-ориентированный анализ прикладной области, в результате которого выделяются типовые классы и отношения наследования между ними. Определения этих классов на математическом уровне составляют библиотеки типовых компонентов. Описание структуры модели и типовых компонентов приводится в терминах языка UML среды разработки математической модели. Конкретная модель собирается из этих типовых компонентов, соединенных связями. Совокупное поведение всей модели в целом воссоздается исполняющей системой, входящей в состав инструмента моделирования. Для использования модели в тренажёре необходимо создать выполняемый программный код. Это код генерируется инструментом моделирования по математическому описанию системы и включается в состав программного обеспечения тренажёра. Описанный подход соответствует технологии «проектирование на базе моделирования», декларированной корпорацией MathWorks [4]. Именно такая технология была внедрена в разработку морских технологических тренажёров компанией «Транзас». В качестве средства разработки многокомпонентных моделей была выбрана среда моделирования «Model Vision Studium» [5].

В настоящей статье детально описывается использованный подход к построению математических моделей многокомпонентных систем. В разделе 2 мы опишем архитектуру и продемонстрируем математическое содержание типичной модели многокомпонентной системы. В разделе 3 будет дано описание среды разработки.

2. Архитектура модели

2.1. Описание математической модели

Математическими моделями тренажеров в нашем случае являются сложные динамические (гибридные) системы, поведение которых зависит от событий (в каждый момент времени решается одна из множества систем алгебро-дифференциальных уравнений большой размерности, порождаемого гибридным автоматом). Так как модель строится из большого числа типовых компонентов, ис-

пользуется объектно-ориентированный подход [2]. Каждый компонент тренажера обычно содержит свой собственный гибридный автомат (карту поведения [2]). Таким образом, математические модели тренажеров представляют собой параллельную композицию большого числа гибридных автоматов. Согласование работы гибридных автоматов компонентов осуществляется с помощью *принципа синхронной композиции* [2]. В моделях используется *явная синхронизация* гибридных автоматов, осуществляемая с помощью *механизма сигналов* - сигналы посылаются всем гибридным автоматам компонентов при наступлении дискретного события в одном из них [3]. Прикладная область (гидродинамика, аэродинамика, управление) предполагает использование компонентов с внешними переменными типа «контакт-поток» («физическое» моделирование) и переменными типа «вход-выход». Использование технологии «физического» моделирования при построении тренажеров приводит к необходимости строить текущую систему алгебро-дифференциальных уравнений во время исполнения модели, что обычно трудно совместимо с требованием моделировать в реальном времени. Указанное противоречие удалось преодолеть, так что создаваемые тренажеры, не смотря на большое число уравнений, являются моделями, работающими в реальном времени.

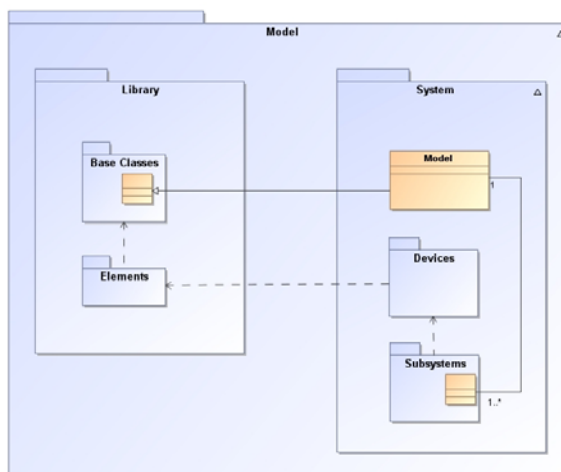


Рис. 1 Общая структура модели Model

2.2. Описание проекта модели

Проект Model математической модели сложной динамической системы состоит из: 1) внешнего пакета элементарных компонентов Math_Hydraulics, 2) пакета устройств системы Devices, 3) пакета подсистем Subsystems, реализующих полный функционал системы и 4) объединяющего класса Model. Каждый пакет состоит из набора классов. Общая структура модели показана на Рис. 1. Рассмотрим по-отдельности составные части модели.

Пакет элементарных компонентов Math_Hydraulics состоит из: а) пакета абстрактных базовых классов и б) пакета классов, моделирующих элементарные функциональные составляющие системы (такие как: трубы, клапаны, ёмкости, насосы и т. п.).

Пакет устройств Devices системы представляет собой набор классов, моделирующих отдельные технологические узлы системы (например, танк с насосом, нагревателем, прилегающими трубами и управляющими клапанами).

Пакет подсистем Subsystems является набором классов, объединяющих модели различных устройств в подсистемы моделируемой системы (например, группа грузо-

вых танков, входящая в состав системы Cargo или подсистема генерации инертного газа, являющаяся составной частью системы InertGas).

Наконец, *класс Model a*) объединяет все подсистемы в единое целое, и b) управляет поведением устройств с помощью сигналов. Этот класс имеет свою карту поведения.

Эти составляющие модели будут подробно рассмотрены ниже.

2.3. Пакет элементарных компонентов *Math_Hydraulics*

Классы, входящие в этот пакет можно разбить на две группы: абстрактные базовые классы и классы функциональных элементов. Пакет содержит также общие константы, типы данных, специфические для решаемых задач, и общие для всех классов процедуры и функции.

2.3.1. Константы и типы данных

В библиотечном пакете определяются пользовательские типы данных, удобные для решаемых задач гидро- и аэродинамики. Например, для создания математической модели трубопровода используются экземпляры класса *Pipe*. Этот класс имеет две группы внешних переменных, описывающих свойства жидкости на обоих концах моделируемого потока вещества в трубе, такие как: давление, расход, температуру, вектор концентраций и другие. Их удобно объединить в единый тип данных **liquid**:

```
type liquid is
  connector
    contact P:    double; -- pressure [bar]
    flow    Q:    double; -- volume flow [m3/s]
    contact T:    double; -- temperature [K]
    contact conc: vector; -- concentrations [%]
    ...          -- other functional and auxiliary variables
end connector;
```

И тогда, например, в классе *PipeBase* можно использовать только два внешних коннектора *inlet* и *outlet*: `connector inlet: liquid; connector outlet: liquid;` описывающих характеристики вещества на обоих концах трубы.

Другим примером пользовательского типа данных может быть набор параметров *data_pipe*, характеризующих свойства трубы (высоты концов трубы, диаметр, длина, коэффициент трения):

```
type data_pipe is
  record
    height_in: double; -- inlet height [m]
    height_out: double; -- outlet height [m]
    diam:      double; -- pipe diameter [m]
    len:       double; -- pipe length [m]
    dzeta:     double; -- coefficient of local hydrodynamic loss
  end record;
```

Класс *PipeBase* содержит группу параметров *Data_Pipe*: `parameter Data_Pipe: data_pipe;`

2.3.2 Базовые классы

В число базовых классов входят такие классы как ModelBase, Container, PipeBase, ValveBase, TankBase и т. д. Эти классы содержат базовые константы, параметры, переменные (внешние и внутренние) и методы (процедуры и функции), которые в дальнейшем используются наследниками.

Каждый класс библиотеки (за исключением управляющих классов ModelBase и Controller) является наследником класса Container, в котором реализован механизм передачи сигналов. Как уже говорилось, этот механизм необходим для явной синхронизации всех гибридных автоматов модели.

В моделях реализованы два типа сигналов: сигналы состояния (s_up и s_down) и сигнал времени (s_timer). Сигналы состояния передаются для синхронизации состояний всех элементов модели, сигналы времени для синхронизации дискретных действий (например, обновления переменных индикаторов). Механизм управления сигналами реализован в классе ModelBase (Рис. 2.а). Упрощённая карта поведения класса ModelBase схематично изображена на Рис. 2.б (класс Container не имеет своей карты поведения).

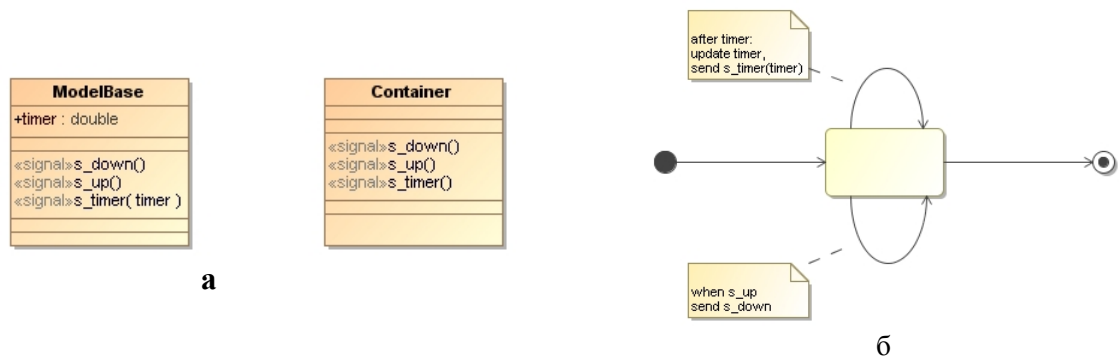


Рис. 2 а) Классы ModelBase и Container и
б) Карта поведения класса ModelBase

2.2.3 Классы функциональных элементов

Каждый класс функционального элемента (за исключением управляющего класса Controller) является наследником одного из базовых классов. Например, класс Pipe, модель трубы, является наследником класса PipeBase: Pipe → PipeBase; класс Valve (труба с управляющим клапаном) наследует класс ValveBase: Valve → ValveBase.

Каждый класс содержит иерархическую *карту поведения*. Каждое состояние такой карты является либо простым, либо иерархической картой поведения. Простым состояниям приписывается *непрерывное поведение*, описываемое системой уравнений, остальным – гибридное. Непрерывные и гибридные поведения реализуются в форме *локальных классов*.

Для иллюстрации вопросов, обсуждаемых в этом разделе, мы будем использовать библиотечный класс Pipe, моделирующий течение жидкости или газа по прямолинейной трубе круглого сечения.

Гибридный класс OpenedMap используется для описания течения жидкости по трубе. Его карта поведения изображена на Рис. 3 а.

Карта поведения OpenedMap содержит одно вспомогательное состояние fix_transfer и несколько функциональных. Для удобства моделирования мы разделили процесс течения жидкости на пять состояний-режимов: no_flux (поток отсутствует),

lam_pos (прямое ламинарное течение), turb_pos (прямое турбулентное течение), lam_neg (обратное ламинарное течение), turb_neg (обратное турбулентное течение).

Поведение системы в каждом из этих состояний описывается своим локальным непрерывным классом.

В классе Pipe в ламинарном режиме течения по горизонтальной трубе (состояние lam_pos Рис. 3 а), в простейшем случае, решается следующая система уравнений для давлений и потоков:

$$\begin{aligned} inlet.P - outlet.P &= k_{lam} inlet.Q, \\ inlet.Q + outlet.Q &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь k_{lam} - известный коэффициент, характеризующий трубу и ламинарный режим течения. Для более полного описания течения, система дополняется уравнениями, описывающими состав и термодинамические свойства вещества.

Заметим, что для решения приведённой системы уравнений на неё должны быть наложены два дополнительных условия. Эти условия задаются другими элементами модели (внешними по отношению к элементу Pipe). Например, мы можем задать манометрические давления на разных концах трубы:

$$\begin{aligned} inlet.P &= P_0 > 0, \\ outlet.P &= 0 \end{aligned}$$

Приведённая система составляет тело локального непрерывного класса. Известные величины указываются при помощи оператора **known**:

$$\begin{aligned} inlet.Q + outlet.Q &= 0; \\ inlet.P - outlet.P &= k_{lam} * inlet.Q; \\ \text{known } k_{lam}; \end{aligned}$$

В непрерывном классе также можно определить переменные и методы для формирования системы уравнений.

Заметим здесь, что соединение нескольких труб приведёт к совместному решению нескольких систем уравнений, дополненных уравнениями связи между трубами. Приве дём для наглядности полную систему уравнений для модели ламинарного течения жидкости в двух последовательно соединённых горизонтальных трубах (Pipe1 и Pipe2).

Pipe 1:

$$\begin{aligned} Pipe1.inlet.P - Pipe1.outlet.P &= k_{lam}^{(1)} Pipe1.inlet.Q, \\ Pipe1.inlet.Q + Pipe1.outlet.Q &= 0; \end{aligned}$$

Связи:

$$\begin{aligned} Pipe1.outlet.P &= Pipe2.inlet.P, \\ Pipe1.outlet.Q + Pipe2.inlet.Q &= 0; \end{aligned}$$

Pipe 2:

$$\begin{aligned} Pipe2.inlet.P - Pipe2.outlet.P &= k_{lam}^{(2)} Pipe2.inlet.Q, \\ Pipe2.inlet.Q + Pipe2.outlet.Q &= 0; \end{aligned}$$

Дополнительные условия:

$$\begin{aligned} Pipe1.inlet.P &= P_0 > 0, \\ Pipe2.outlet.P &= 0. \end{aligned}$$

Дополнительные условия являются результатом решения уравнений во внешних (по отношению к Pipe1 и Pipe2) классах и уравнений связей между ними. Для простоты мы опускаем детальное изложение этого вопроса.

Рассмотренный здесь принцип построения математической модели трубы с жидкостью является общим для всех классов.

2.4 Пакет устройств и подсистем System

В пакет System импортируется пакет библиотечных классов Math_Hydraulics. Пакет System содержит явным образом пакет устройств Devices и подсистем Subsystems (Рис. 1). Все классы этих пакетов являются наследниками класса Math_Hydraulics.Container, отвечающего за механизм передачи сигналов.

Опишем структуру пакета на примере математической модели грузовой системы Cargo нефтеналивного танкера. Эта система (Рис. 3 б) состоит из двух подсистем (подсистемы танков CargoTanks, и подсистемы трубопровода Manifolds) и двух устройств (CargoTankUnit и LoadDischargeUnit).

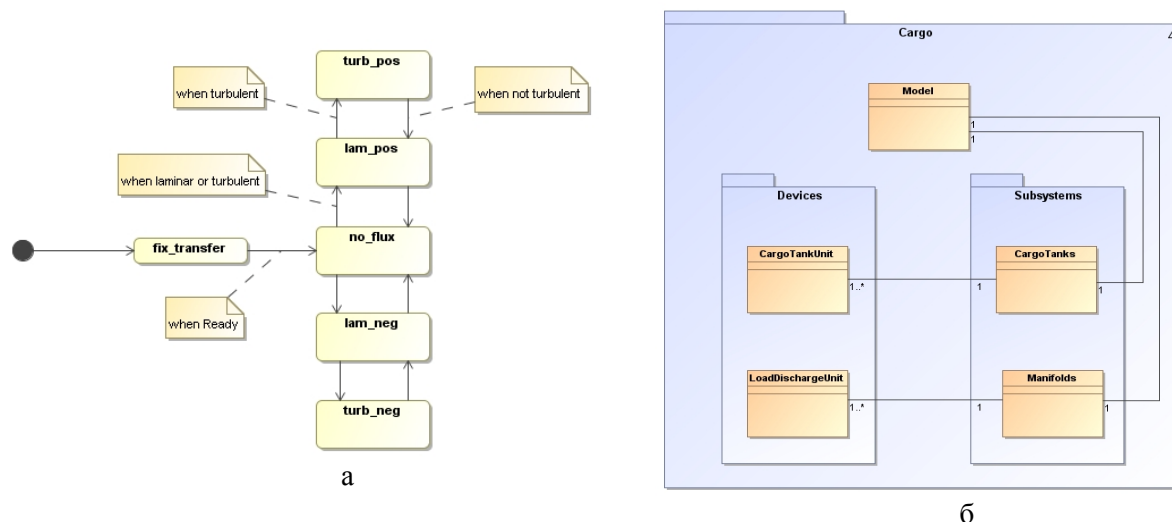


Рис. 3. а) Гибридное поведение FluidMap в состоянии Pipe.Fluid_state; б) Система Cargo

2.4.1 Пакет устройств Devices

Как уже упоминалось, классы устройств содержат необходимые экземпляры элементарных классов и реализуют какие-либо функциональные узлы. Например, класс CargoTankUnit состоит из экземпляров таких классов как Tank, Pump, Heater, Pipe, Valve, RetainingValve, ValveRemote и связей между ними, тип которых также описан в библиотеке Math_Hydraulics. Класс LoadDischargeUnit включает экземпляры Pipe, Valve и другие более специальные классы. Классы устройств снабжены внешними переменными для связи с другими устройствами и системами. Кроме того, разработчик имеет возможность переопределять параметры и начальные значения переменных, элементарных составляющих классов.

2.4.2 Пакет подсистем Subsystems

Классы подсистем состоят из ряда экземпляров классов устройств и так же снабжены внешними переменными для связи друг с другом. Подсистема грузовых танков CargoTanks состоит из более чем десяти соединённых друг с другом устройств типа CargoTankUnit. Подсистема Manifolds – из такого же количества устройств LoadDischargeUnit.

2.4.3 Класс Model

Класс Model является основным классом математической модели системы. Во-первых, он объединяет (то есть включает в себя и связывает друг с другом) все её подсистемы (в нашем примере – CargoTanks и Manifolds). Во-вторых, класс Model синхронизирует все входящие в него гибридные автоматы. Механизм синхронизации наследуется от базового класса Math_Hydraulics.ModelBase.

Построением класса Model завершается создание математической модели системы. Спроектированная таким образом модель позволяет имитировать поведение достаточно сложных многокомпонентных систем. Полученные модели состоят из сотен экземпляров различных гибридных классов, а в процессе работы в реальном времени

решаются системы, состоящие из тысяч уравнений. В следующем разделе будет описана среда моделирования Model Vision Studium.

3. Средство разработки Model Vision Studium

В качестве средства разработки использовалась специальная версия системы автоматизации моделирования MvStudium 6 [5] (коммерческое наименование Rand Model Designer 6). Эта система поддерживает:

- объектно-ориентированное моделирование в рамках подмножества языка UML,
- физическое моделирование в рамках подмножества языка Modelica,
- определяемые пользователем типы данных и
- автоматически генерирует выполняемый программный код по математическому описанию.

В целом, этот инструмент вполне обеспечивает требуемую технологию разработки.

Наиболее тяжелым оказалось требование работы автоматически сгенерированных встроенных моделей в реальном времени. Для этого должны очень быстро работать численные методы и достаточно быстро (в пределах десятой доли секунды) производиться сборка, анализ и преобразование текущей совокупной системы уравнений (использование расширенных диаграмм состояний UML – карт поведения – для описания гибридного поведения требует проведения этих действий на стадии выполнения). В значительной степени эти требования противоречивы: опыт показал, что для достижения большой скорости численных методов необходимо проведение символьных преобразований для упрощения исходной системы уравнений, а также выявление в ней специальных структур, независимых блоков и т. д., в то же время выполнения такого анализа и преобразований весьма ограничено. В результате удалось найти приемлемый компромисс.

Опыт показал наличие существенных проблем при отладке промышленных моделей большой сложности. Возникают ситуации, когда конкретное соединение стандартных компонентов приводит к некорректной ситуации, не предусмотренной разработчиками библиотеки классов: в определенных точках совокупная система уравнений становится либо структурно некорректной (недоопределенной, переопределенной или вырожденной) или численно вырожденной. Определить, какие именно компоненты «виновны» в данной ситуации для систем большой размерности достаточно сложно. Поэтому средства отладки были дополнены возможностями визуализации матрицы Якоби и ее собственных чисел для текущей системы уравнений, а также структурной матрицы текущей совокупной системы уравнений, которые дают определенную «наводящую» информацию разработчикам модели. Для отработки логики переключений на сущной также является возможность интерактивной пошаговой отладки дискретных действий.

Литература

1. Transas Group: Transas Marine Products and Services – <http://www.transas.com/products>.
2. Колесов Ю. Б., Сениченков Ю. Б. Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. – С.-Петербург, БХВ, 2006.
3. Колесов Ю. Б., Сениченков Ю. Б. Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход. – С.-Петербург, БХВ, 2006.
4. Model-based design for control systems with Simulink – Mathworks, Inc., 2005.
5. Model Vision Studium – <http://www.mvstudium.com>.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИНТЕРМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В. С. Лукинский, Т. Г. Шульженко, К. А. Соколов (Санкт-Петербург)¹

Транспортировка является ключевой логистической функцией, связанной с перемещением материальных ресурсов, незавершенного производства, готовой продукции в транспортных средствах по определенной технологии. Транспортировка, помимо перемещения грузов, включает такие логистические операции, как экспедирование, грузопереработка, упаковка, таможенные процедуры, страхование рисков и т. п. Выполнение всех логистических операций транспортировки производится с целью обеспечения доставки нужной продукции требуемого количества и качества в заданное время и с оптимальными затратами. Таким образом, предметом транспортной логистики является комплекс задач планирования и управления, связанных с перемещением груза: обеспечение технологического единства транспортно-складского хозяйства, совместное планирование производственного, транспортного и складского процессов; выбор рационального способа транспортировки грузов (униmodalной, мультимodalной, интерmodalной и т. п.); выбор вида (видов) транспорта; выбор транспортных средств; выбор логистических посредников в транспортировке (перевозчиков, экспедиторов, агентов, терминалов и т. п.); определение рациональных маршрутов; распределение транспортных средств по маршрутам; оценка качества транспортного сервиса; определение логистических издержек, связанных с транспортировкой; обеспечение технической и технологической сопряженности участников транспортного процесса, согласования их экономических интересов, распределения рисков и ответственности. Решение поставленных задач требует наличия развитого методологического обеспечения. Между тем, модели и методы управления материальными (транспортными) потоками, представленные в научных публикациях по теории транспорта и логистики (табл.1), характеризуется разрозненностью, незавершенностью, неполнотой, отсутствием глубоких прикладных разработок. Существующий на данный момент аналитический аппарат, используемый при оптимизации издержек в транспортно-логистических системах, требует существенной доработки и проведения дальнейших исследований.

Изучение доступных научных публикаций по теории логистики и экономике транспорта (например, [2, 6, 8 и др.]) показал, что значительная часть представленных в них моделей строится на классической транспортной задаче, представляет собой ее частные случаи или различные модификации. Анализ представленных в литературе транспортных, производственно-транспортных и производственно-транспортно-складских моделей позволяет сделать следующие выводы:

1. Наблюдается устойчивая тенденция роста числа показателей и числа переменных по мере учета в модели (целевой функции) все большего количества звеньев логистической сети (канала). Например, приводимые в литературе обобщенная модель планирования полигона контейнерного обслуживания (1) и общая модель функционирования логистической транспортной системы (ЛТС) на рассматриваемом полигоне (2) ([4] и [14] соответственно) содержат большое количество вариантов расчета, принятие решения на основании которых требует разработки специальной методики многокритериальной оценки.

¹ При подготовке доклада использованы материалы аспиранта кафедры логистики и организации перевозок Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета Нины Игоревны Фатеевой.

Таблица 1

Модели и методы теории логистики, используемые при управлении транспортировкой в цепях поставок

Модели и методы теории логистики	Источник
Модель многоэтапной транспортной задачи, методы математического программирования	Постан М.Я. [9], Николайчук В.Е.[7]
Модель производственно-транспортной задачи	Сергеев В.И.[5,10], Уваров С.А.[13]
Модели производственно-транспортно-складских задач	Нагловский С.Н.[6], Кириченко А.В.[8]
Модели взаимодействия транспортных потоков в перевалочных пунктах, методы теории массового обслуживания	Постан М.Я.[9]
Методика исследования функционирования перевалочных пунктов, метод имитационного моделирования	Миротин Л.Б.[4,12]
Методика синтеза интегрированной системы доставки грузов на основе морфологического метода	

$$Y_{wl} = \sum_{p=1}^{13} f_p \rightarrow \min, \quad (1)$$

где p ($p=1,2,\dots,13$) – подсистемы доставки, каждая из которых представляет собой организацию системы доставки, но с самостоятельными интересами, требованиями и ограничениями.

$$K_1 \left(\sum_m \sum_p \sum_q \sum_f \sum_g \sum_h \sum_t S_{mpqfgh} \cdot r_{mpqfght} \right) + K_2 \left(\sum_m \sum_f \sum_t S_{m,f=1}^{np} t_{m,f=1}^{np} \right) + K_5 \left(\sum_p \sum_q \sum_h \sum_t S_{pqh}^{xp} X_{pqhf} \right) + K_4 \left(X_{pgt}^B - \sum_m \sum_q \sum_f \sum_n D_m \alpha_{mgh} r_{mpqfght} \right) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где t – вид транспортного средства; p – пункт (район выпускающего распределительного центра (РЦ)); q – пункт (район) выпускающего РЦ; f – форма привлечения транспортного средства ($f=1$ – арендная форма, $f=2$ – рейсовая форма); g – номенклатура груза; h – признак технологии перевозок; t – функциональный период; S_{mpqfgh} – стоимость кругового рейса оборачиваемого транспортного средства (доставки необорачиваемым транспортным средством), руб./рейс (руб.); $r_{mpqfght}$ – количество круговых рейсов обрабатываемых транспортных средств, ед.; $S_{m,f=1}^{np}$ – стоимость суток простоя транспортного средства, руб./сут.; $t_{m,f=1}^{np}$ – время простоя транспортного средства, сут.; S_{pqh}^{xp} – суточная стоимость хранения груза, руб./т-сут.; X_{pqhf} – общее количество перерабатываемого груза, т; D_m – грузоподъемность транспортного средства, т; α_{mgh} – коэффициент использования грузоподъемности; $K_1 \dots K_5$ – коэффициенты лексикографического предпочтения.

2. Основа всех моделей – классическая транспортная задача и ее модификации. Поскольку в настоящее время разработано достаточно много методов решения данной задачи (и соответствующих алгоритмов для ПК), то предполагается, что для каждой

модели могут быть определены оптимальные варианты решения. К сожалению, ни в одной из рассмотренных работ по логистике не приведены ни исходные данные, ни примеры решения даже условных задач.

3. Несмотря на наличие в моделях (1, 2) временных параметров, они являются статистическими, а не динамическими, что снижает ценность предложенных моделей. Речь идет о том, что они не учитывают возможность изменения во времени запасов вывозимых грузов, случайных колебаний времени перевозки и погрузки/выгрузки ТС, колебаний рыночного спроса на услуги транспорта и т.д. Помимо этого, известная логистическая концепция «точно вовремя», отражающая основные свойства логистических функциональных циклов, не нашла применения во всех рассмотренных подходах.

4. Во всех рассмотренных моделях отсутствуют подходы, учитывающие логистические методы и алгоритмы, обеспечивающие интеграцию (а не простое суммирование) логистических целей, такие как методы расчета оптимальной величины заказа при многономенклатурных поставках в многоуровневых распределительных системах.

5. Приводимые модели и методы не учитывают особенности управления транспортными потоками в цепях поставок, поскольку логистический подход предусматривает оптимизацию не только транспортной, но и складской составляющей затрат, а также затрат, связанных с организацией взаимодействия транспортных потоков в перевалочных пунктах на основе использования моделей с прямым, складским и смешанным вариантами взаимодействия.

Кроме того, в современной научной литературе по логистике следует отметить попытки формирования динамических моделей интермодальных систем. Решаемые с помощью методов теории массового обслуживания, они, как правило, отличаются большой размерностью, сложны для расчетов, наиболее общие из них не имеют исчерпывающих аналитических решений. Подобные подходы требуют дальнейших исследований, но в перспективе могут быть использованы в качестве методической основы для создания программного обеспечения, позволяющего оптимально проектировать и управлять деятельностью перевалочных пунктов как ключевых звеньев логистической цепи доставки грузов

Формирование направлений дальнейшего развития комплекса моделей и методов управления интермодальными перевозками на основе логистического подхода, а также определение возможностей практической реализации разработанного аналитического инструментария предлагается осуществлять на основе разработанной классификации моделей, методов и алгоритмов, применяемых при управлении потоками в логистических системах разного уровня (от микро- до макроуровня) и характеризующихся различным уровнем проработки и использования логистических методов (табл. 2). Часть из представленных в табл. 2 методик и методов для управления материальными потоками являются разработками научного коллектива кафедры логистики и организации перевозок СПбГИЭУ. На основе систематизированных в табл. 2 моделей и методов разработан алгоритм принятия решений по их использованию, представленный на рис.

В первом блоке используются морфологический метод исследования и методы сетевого планирования и управления для решения задачи отбора наиболее рациональных вариантов организации перевозки с последующим выбором единственного оптимального; решаемые здесь задачи не предполагают оптимизации цепи поставок;

второй и третий блоки охватывают подблоки, связанные с оптимизацией транспортно-логистической цепи поставок, и являются уточняющими по отношению к первому блоку. Задачи второго блока ориентированы на уточнение и оптимизацию маршрута доставки в перевалочном пункте по критерию времени, второй блок включает подблок «оптимизация технологических параметров пунктов перевалки», решение за-

дач данного блока предполагает использование методов ТМО и метода имитационного моделирования для оптимизации перевозочных процессов в пунктах перевалки груза с

Таблица 2

Классификация моделей и методов управления транспортными потоками в цепях поставок

Уровень логистической системы	Модели, методы, методики, алгоритмы	Решаемые задачи
1. макро-	1. Морфологический метод исследования	Выбор наиболее рациональных систем доставки грузов (выбор рациональных способа транспортировки, видов транспорта, маршрута и способа поставки)
	2. Методика выбора оптимального варианта доставки груза при перевозках на дальние расстояния	Выбор оптимальной схемы доставки (оптимизация за счет использования складирования, консолидации отправок и оптимизации партии поставки)
1,2. макро- и мезо -	3. Модели сетевого планирования и управления	Выбор оптимальной системы доставки грузов (видов транспорта и состава логистических посредников)
2. мезо -	4. Методика выбора оптимального варианта доставки груза при перевозках на короткие расстояния	Выбор оптимальной схемы доставки (оптимизация за счет консолидации отправок, оптимизации партии отправок и маршрутизации)
3. микро -	5. Методы теории массового обслуживания, метод (статистического) имитационного моделирования	Оптимизация перевозочных и перевалочных процессов в пунктах перевалки (оптимизация технологических параметров перевалочных пунктов)

одного вида транспорта на другой. В третьем блоке осуществляется уточнение и оптимизация схемы доставки по экономическому критерию (величине затрат на доставку грузов); при этом в третий блок входят все оставшиеся подблоки, в которых решаются задачи, связанные с выбором оптимального варианта организации перевозок при доставке грузов от поставщика за границей потребителю в России, предусматривающего выбор транзитной или складской схемы доставки, а также связанные с выбором оптимального варианта перевозки при доставке груза со склада в России конечному потребителю; в данный блок входят методики выбора оптимального варианта доставки груза при перевозках как на дальние (международные перевозки), так и на короткие расстояния (внутрирегиональные перевозки); оптимизация транспортно-логистической цепи поставок осуществляется в этом блоке за счет использования логистических методов и технологий, включающих использование логистической функции складирования, расчета партии поставки с помощью формулы Уилсона, консолидации отправок и маршрутизации.



Рис. Алгоритм принятия решений по использованию моделей и методов управления транспортными потоками в цепях поставок

Литература

1. **Бенсон Д., Уайхед Дж.** Транспорт и доставка грузов: Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1990. – 279 с.
2. **Геронимус Б.Л., Цапфин Л.В.** Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1982. – 192 с.
3. **Дрю Д.** Теория транспортных потоков и управление ими: Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
4. Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные узлы, терминалы): Учебник для транспортных вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2003. – 448 с.
5. Логистика: Учебник / Под ред. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.
6. **Нагловский С.Н.** Экономика и надежность логистических контейнерных систем. – Ростов-н/Д: РГЭА, 1996. – 139 с.
7. **Николайчук В.Е.** Транспортно-складская логистика: Учебное пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и Ко”, 2005 с. – 452 с.
8. Организация логистических систем для перевозки экспортно-импортных грузов / Под ред. А.В. Кириченко. – СПб.: ИПО “Базис”, 2001. – 306 с.
9. **Постан М.Я.** Экономико-математические модели смешанных перевозок. – Одесса: Астропринт, 2006. – 376 с.
10. **Сергеев В.И.** Менеджмент в бизнес-логистике. – М.: Филинь, 1997. – 772 с.
11. Транспортировка в логистике: Учебное пособие / **В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, И.А. Пластуняк, Н.Г. Плетнева.** – СПб.: СПбГИЭУ, 2005. – 139 с.
12. Транспортная логистика: Учебник / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2005. – 512 с.
13. **Уваров С.А.** Логистика: общая концепция, теория и практика. – СПб.: ИНВЕСТ-НП, 1996. – 211 с.
14. **Цвиринько И.А.** Методология, методы и модели управления логистическими бизнес-процессами. – СПб.: СПбГИЭУ, 2003. – 262 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

В.В. Медведев, В.Н. Половинкин (Санкт-Петербург)

Ужесточение требований Международной морской организации к системам управления безопасностью мореплавания, а также, жесткая конкуренция на современном фрахтовом рынке предъявляют высокие требования к надежности судовых энергетических установок (СЭУ), в частности судовых дизелей.

Известно, что наибольший эффект в обеспечении надежности и безопасности достигается при проектировании, когда назначаются режимы эксплуатации, технического обслуживания и выбирается конструктивное исполнение. Если в процессе эксплуатации дизелей режимы и обслуживание можно менять, то вносить изменения в конструкцию практически невозможно. При этом поддержание приемлемого уровня безопасности за счет технического обслуживания и ремонтов требует определенных затрат времени и средств, их уменьшение также достигается повышением надежности. Поэтому решение данной задачи не должно ограничиваться только определением количественных характеристик надежности, важно находить технические решения по повышению надежности и оценивать их эффективность. Важную роль в такой оценке играет прогноз показателей надежности.

Надежность является комплексным понятием, которое в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может оцениваться числовыми показателями безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. У безотказности и долговечности есть общая черта – это свойство объекта сохранять работоспособность. Характеристиками долговечности являются ресурс и срок службы. Ресурс определяет запас работоспособности дизеля, выраженный в часах наработки от начала эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. Наибольший интерес для обеспечения безопасности и надежности представляет остаточный ресурс. При изучении потери работоспособности обычно рассматривают такие процессы изменения свойств и состояния материала, как усталостное разрушение, пластическое деформирование, износ, коррозия, адгезия (нарос), фреттинг-коррозия, выкрашивание (питтинг) и т.д. В данном случае выделены примеры, когда ресурс определяется износом, накоплением усталостных повреждений, вибрацией и тепловым состоянием деталей и узлов двигателя. Надежность дизеля зависит от весьма большого числа факторов, характеризующих их конструкцию, условия производства и эксплуатации. Это приводит к тому, что процессы изменения технического состояния и надежности носят случайный характер, а при оценке и анализе показателей надежности необходимо использовать методы теории вероятности.

На перспективность использования имитационного моделирования (ИМ) для прогноза уровня безопасности СЭУ указано в [1]. В [2] выведены методические рекомендации, в которых определено место и алгоритм проведения ИМ применительно к процессу проектирования СЭУ. Этот алгоритм имеет универсальный характер, его можно использовать и для судового дизеля в отдельности. Согласно данному алгоритму, на основании, например, экспертных оценок, необходимо выбрать определяющую величину Y , наиболее полно и информативно характеризующую состояние каждого элемента «дерева отказов» дизеля, отказ которого не зависит от отказа других элементов. В качестве такой величины может быть рассмотрена долговечность (ресурс) элемента. Обыкновенно эта величина имеет рассеивание и носит случайный характер. В результате Y представляет собой статистический ряд. Выбирается метод или алгоритм расчета, и рекомендуются закон и параметры распределения Y . Определяются граничные значения y для Y . Следующим этапом при проведении ИМ являются статистические испытания. В их ходе разыгрывается, например, методом Монте-Карло значение случайной величины Y и производится ее

сравнение с граничным (например, нормативным) значением y . Если $Y \geq y$ или $Y < y$ (в зависимости от особенностей рассматриваемой задачи), то считается, что произошел отказ, или, что испытание прошло успешно. Потом испытания повторяются. Выполнение заданного числа испытаний позволяет получить необходимую статистику для всех указанных выше элементов. На ее основе определяется вероятность

$$P_{\text{отк}} = N_{\text{н.и}} / N_{\text{исп}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{н.и}}$ – число нарушений нормативного уровня; $N_{\text{исп}}$ – общее число испытаний.

Следует отметить, что, управляя количеством случаев реализации $N_{\text{исп}}$, можно получить достоверные результаты и при малом числе отказов. Это позволяет обойти проблему малости величин $P_{\text{отк}}$, однако, используемые методы и алгоритмы действий должны быть удобны для организации многочисленных статистических испытаний.

Прогнозирование остаточной долговечности деталей по критерию износа.

В зависимости от характера износа принято различать несколько видов изнашивания, среди них особенно выделяют механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое изнашивание. Несмотря на различный механизм упомянутых видов изнашивания, износ от них может быть описан одинаковыми временными функциями. Если величина износа деталей за период приработки не превышает величины допуска на их изготовление, то зависимость износа деталей от времени можно представить в следующем виде

$$I(t) = a t^\beta. \quad (2)$$

Коэффициенты a и β в формуле (2) уточняются на основании данных о характере нагружения, условий эксплуатации двигателя, качества обслуживания и ремонта. Естественно, эти коэффициенты являются случайными аргументами, зависящими не только от предыстории эксплуатационного периода, но и факторов, которые могут оказывать своё влияние в будущем.

В соответствии с приведённой формулой для износа, зависимость для определения ресурса пары трения запишется в виде

$$t = (I_{\text{з.пр}} / a)^{1/\beta}, \quad (3)$$

где $I_{\text{з.пр}}$ – предельный зазор сопряжения.

С учётом зависимости (3) остаточный ресурс пары трения составит

$$T = t - t_0, \quad (4)$$

где t_0 – наработка на момент начала выполнения ИМ.

Собственно здесь и происходит переход к вычислению вероятности отказа за некоторый период времени $t_{\text{н}}$ будущей эксплуатации на основе $N_{\text{исп}}$ статистических испытаний. Если $t_{\text{н}} < T$, то считается, что произошел отказ и происходит суммирование неудачных испытаний $N_{\text{н.и}}$. Потом испытания повторяются и по формуле (1) находится $P_{\text{отк}}$ для данной детали. Данный алгоритм реализован в вычислительном комплексе «Программа расчета остаточного ресурса и вероятности безотказной работы судового дизеля на заданный период эксплуатации». Вычислительный комплекс выполнен в среде программирования Borland Delphi и позволяет определять остаточный ресурс деталей и узлов дизеля по износам и усталостной прочности для наиболее часто употребляемых

законов распределения (с учетом примеров программ из [3]): экспоненциального, гамма-процентного, нормального, логарифмически нормального и Вейбулла.

Прогнозирование остаточной долговечности деталей по критерию усталостной прочности. Разрушение твёрдых тел представляет довольно сложный процесс, который зависит от многих факторов. Весь этот длительный процесс условно делят на несколько периодов, характеризующихся наличием или отсутствием видимых трещин.

Переход от оценки остаточной долговечности к процедуре ИМ требует выполнения некоторой последовательности действий. На рис. 1 представлена укрупненная блок-схема алгоритма определения долговечности деталей судовых двигателей по усталостной прочности и перехода к ИМ.

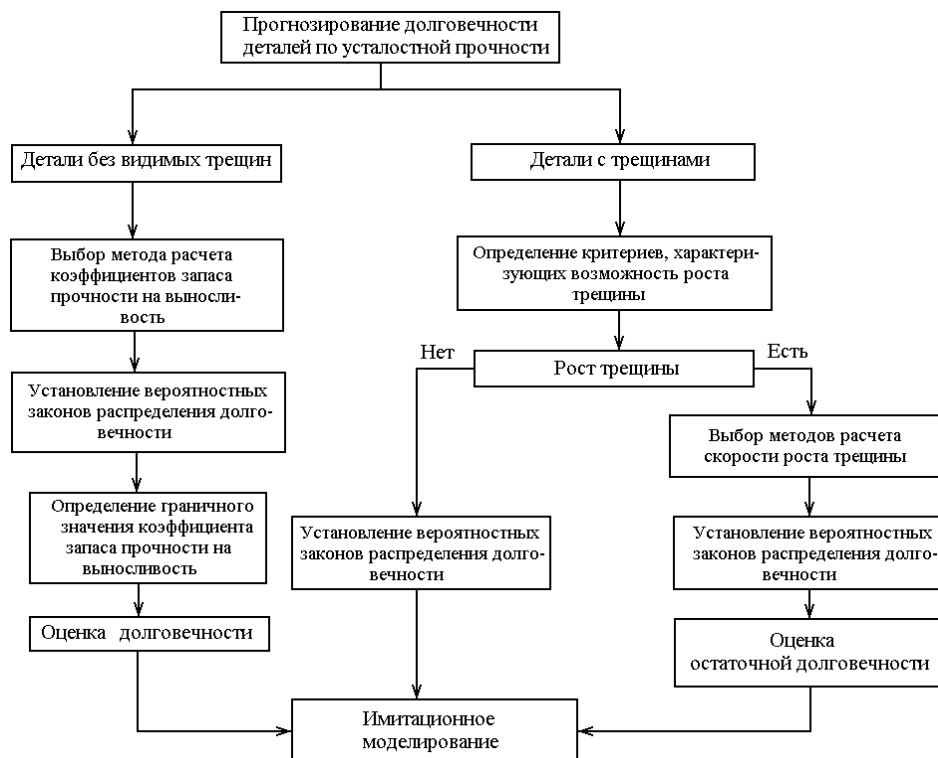


Рис. 1. Укрупненная блок-схема алгоритма оценки долговечности деталей судовых ДВС по усталостной прочности

Следует отметить особую значимость расчетных оценок для деталей судовых ДВС, работающих на усталость. Дело в том, что такие детали, например остов, шатун или коленчатый вал (КВ), практически не доступны в настоящее время для методов безразборной диагностики. Их отказ практически фатален для дизеля и СЭУ в целом.

Определение остаточной долговечности деталей судовых ДВС до образования видимых трещин. Известно, что характеристики сопротивления материала усталости являются случайными величинами. Их разброс объясняется различиями в микроструктуре и свойствах поверхностного слоя, которые в свою очередь связаны со случайными вариациями металлургических, термических и механических факторов. Напряжения, действующие в деталях ДВС, также имеют случайную природу вследствие нестабильности параметров рабочего процесса за счет колебаний цикловой подачи топлива, степени сжатия, частоты вращения и т.д. В этих условиях оправдан прогноз и оценка риска с учетом рассеивания указанных характеристик. В [4] было показано, как можно использовать ИМ для прогноза и оценки ресурса КВ судовых дизелей.

Оценка долговечности детали с трещиной. Природа появления трещины может быть не только усталостной. В процессе изготовления деталей неизбежны дефекты

структуры материала (раковины, пустоты, вкрапления других материалов), которые по их влиянию на прочность эквивалентны усталостным трещинам. Трещины также могут быть следствием конструкторских и технологических просчетов. Практика показывает, что возможны ситуации, когда дефектные (по трещинам) детали нельзя заменить, ввиду их временной пространственной недоступности, или для старых двигателей, – они редки, и, вследствие этого, весьма дороги. Поэтому, существует достаточно примеров эксплуатации двигателей с деталями, например остова, имеющими трещины. В этом случае, конструктор, который обеспечивает весь жизненный цикл двигателя от проекта до утилизации, обязан и может предусмотреть рекомендации для безопасной эксплуатации двигателя и в такой ситуации. ИМ здесь незаменимо. Оно позволяет оценить надежность и безопасность для разных деталей и дать рекомендации по режимам и продолжительности их эксплуатации.

Согласно схеме на рис.1 возможны два случая. Первый, когда под действием нагрузки трещина продолжает рост и определена остаточная долговечность N (в циклах нагружения) этой детали. Второй, когда трещина расти не будет и можно двигатель эксплуатировать до следующего освидетельствования без устранения трещины в детали.

Рассмотрено применение прогноза и оценки риска к этим случаям. Для первого отмечено, что долговечность N , это только математическое ожидание, относительно которого действительное значение N_d может отклоняться как в большую, так и в меньшую сторону и довольно значительно. Это отклонение характеризуется законом распределения со своими параметрами. Следовательно, при наработке детали N_0 , воздействие случайных факторов приводит к тому, что остаточный ресурс $N_{ост} = N_d - N_0$ также является случайной величиной и может не превышать заданный (будущий) период эксплуатации N_n . Решается задача нахождения вероятности отказа P детали с трещиной на заданный период эксплуатации N_n . Решение основано на проведении $N_{исп}$ статистических испытаний, в результате которых определяется сколько раз ($N_{н.и}$) заданный период эксплуатации N_n оказался больше остаточного ресурса, определенного с заданным значением коэффициента вариации V . Далее вероятность отказа находится по формуле (1).

Во втором случае последовательность действий несколько иная. Из расчетов известны пороговый коэффициент интенсивности напряжений K_{min} и фактическое значение коэффициента интенсивности напряжений K . Эти величины можно также рассматривать как математические ожидания значений соответствующих коэффициентов. Тогда в каждом статистическом испытании значения коэффициентов интенсивности разыгрываются отдельно и сравниваются между собой. Отказ наступает если, в процессе испытаний, значение превышает значение K_{min} . Далее подсчитывается число отказов $N_{н.и}$ и определяется вероятность отказа.

В докладе приведены примеры расчетов для кривошипной головки шатуна и опорного бурта блока цилиндров с трещиной.

Прогнозирование уровней вибрации и шума дизеля. Выполнение процедуры ИМ при обеспечении надежности и безопасности дизеля по уровням вибрации и шума потребовало проведения отдельного подробного исследования [5].

В докладе описаны результаты разработки универсального метода прогноза и оценки риска при назначении мест и объемов применения вибродемпфирующих покрытий (ВДП), который базируется на законе сохранения энергии. Замечено, что предложенный универсальный метод расчета динамически связанных конструкций с высо-

ким демпфированием, позволяет обчислять конструкции, образованные как плоскими, так и орбренными перекрытиями.

Отмечено, что принципиально возможно на базе исследованного метода прогнозировать эффект от применения ВДП на несущем остоле судового энергетического оборудования, например, дизеля.

Прогнозирование теплового состояния деталей дизеля. В докладе изложены основные положения универсального метода выбора варианта конструкции деталей и узлов дизеля на основе прогноза и оценки риска превышения, вследствие влияния случайных факторов, предельных значений температур и/или их градиентов.

В докладе приведен пример использования ИМ для сравнительной оценки теплового состояния деталей двигателя. В результате моделирования установлено, что одна из конструкций обеспечивает большую устойчивость теплового состояния детали к влиянию технологических отклонений и существенно уменьшает риск появления отказа из-за технологических отклонений геометрии внутреннего тракта охлаждения.

В процессе проектирования постоянно возникает проблема многовариантности решений, различных по характеристикам и стоимости. В этой ситуации возрастает роль технико-экономических обоснований, обеспечивающих выбор варианта, наиболее предпочтительного по принятому критерию экономической эффективности [6]. В докладе приведены основные результаты разработки методики оценки технико-экономической эффективности предлагаемых технических решений, с учетом показателей надежности и безопасности дизеля. Особенностью данной методики является использование в методике величины вероятности отказов определенной в результате ИМ износов, усталостных (термоусталостных) изменений свойств материала деталей, повышенной вибрации и термических напряжений.

Выводы

Использование ИМ позволяет перейти от детерминированного прогноза остаточного ресурса к вероятностной его оценке, что является исходной информацией для принятия мотивированных решений для повышения надежности и безопасности судовых дизелей. Наибольший эффект может быть достигнут при организации долгосрочного обслуживания для обеспечения надлежащего уровня надежности и безопасности с использованием методов диагностирования и ИМ.

Литература

1. **Медведев В.В.** Использование прогноза и оценки рисков при проектировании судовых энергетических установок и их элементов // Судостроение. – 2008. – №6.
2. **Медведев В.В.** Методические рекомендации по прогнозу и оценке рисков при проектировании судовых энергетических установок и их элементов // Судостроение. – 2009. – №2.
3. **Шеннон Р. Дж.** Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978.
4. **Медведев В.В.** Использование имитационного моделирования для прогнозирования вероятности отказа коленчатых валов судовых дизелей на заданный период эксплуатации в дисциплине «Основы надежности и диагностики» // Материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика». – СПб, 2007. – Т. II.
5. **Медведев В.В., Половинкин В.Н.** Расчетная оценка эффекта от применения вибродемпфирующих покрытий и перспективы ее использования для повышения надежности и безопасности судовых дизелей // Морской вестник. – 2009. – №4.
6. **Медведев В.В., Половинкин В.Н.** Оценка экономической эффективности мероприятий по обеспечению надежности и безопасности СЭУ // Судостроение. – 2010. – №4.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В. Ю. Осипов (Санкт-Петербург)

Введение

Среди множества актуальных научных проблем, связанных с моделированием морских транспортных систем, важное место занимает создание интеллектуальных геоинформационных систем (ГИС) [1, 2].

Достигнутый в настоящее время уровень свидетельствует, что пока не удалось наделить морские геоинформационные системы широкими интеллектуальными возможностями.

Имеемые результаты в рамках программно-прагматического подхода к построению морских интеллектуальных ГИС существенно повысили эффективность решения многих творческих задач. Однако все эти решения носят узкоспециализированный характер и требуют существенных затрат на разработку и сопровождение соответствующего программного обеспечения.

Известны интеллектуальные ГИС на основе экспертных систем, позволяющие распознавать ряд сложных пространственно соотнесенных ситуаций, прогнозировать отдельные события, оценивать их опасность, выдавать рекомендации пользователям и решать другие задачи. К этим ГИС относятся интеллектуальные логические и аналитические системы, а также ГИС, включающие в свой состав интеллектуальные подсистемы визуального моделирования пространственных процессов. Последние ГИС находят широкое применение при необходимости проигрывания сценариев возможных действий различных надводных, подводных, наземных, воздушных объектов и оценки их последствий.

К сожалению, все эти ГИС обладают не достаточной гибкостью к перестройке своей структуры в зависимости от внешних условий. Они требуют постоянного сопровождения со стороны экспертов и программистов, обладают низким уровнем самообучения. Интеллектуальные возможности этих систем ограничены наборами заранее заданных и запрограммированных правил.

Активно развиваемое бионическое направление создания морских интеллектуальных ГИС, связанное с воспроизведением структур и процессов, характерных человеческому мозгу и использование их для решения геоинформационных задач, пока также не дало желаемых результатов.

Известны нейронные сети [3–5], входящие в состав интеллектуальных ГИС, применяемые для ассоциативного запоминания информации, нелинейного прогнозирования и моделирования, обработки информации об объектах и процессах. Среди них нейронные сети прямого распространения, рекуррентные структуры, самоорганизующиеся карты Кохонена и другие.

К недостаткам этих сетей относятся существенно ограниченные возможности по обработке различных видов сигналов, их распознаванию, запоминанию, извлечению из памяти сети. Имеет место быстрое размывание структур сигналов в сетях. Эти сети не позволяют в полной мере реализовать искусственное мышление и обеспечить решение одной и той же сетью различных интеллектуальных задач.

Не смотря на это, именно на бионическое направление сейчас возлагают большие надежды в части создания морских интеллектуальных ГИС. Основные достоинства этого направления, определяющие его перспективность, – это большой скрытый потенциал нейронных сетей, высокий параллелизм обработки информации, а также возмож-

ность замены дорогостоящей разработки программного обеспечения для ГИС их прямым обучением, включая самообучение.

Нужны морские ГИС, наделенные свойствами восприятия окружающей действительности, искусственного мышления, осознанного поведения и взаимодействия с внешним миром.

Рассматривается новый подход к построению морских ГИС на основе ассоциативных интеллектуальных машин [6, 7], позволяющий расширить их функциональные возможности.

Постановка задачи

Имеется некоторая традиционная морская ГИС, включающая в свой состав базу соответствующих пространственно-соотнесенных данных, графический пользовательский интерфейс и ГИС инструменты. В интересах расширения возможностей в эту ГИС планируется включить специальную ассоциативную интеллектуальную машину (АИМ).

Эта машина должна

- дополнять слои электронной карты недостающей информацией о морских транспортных системах;
- распознавать геоинформационные объекты и ситуации, определять их важность, опасность;
- прогнозировать развитие событий на море и в портах на электронных картах;
- выдавать рекомендации по действиям в сложившихся условиях;
- восстанавливать предшествующие события;
- взаимодействовать с внешними источниками информации;
- управлять настройками ГИС и решать другие задачи.

Необходимо определить структуру такой ассоциативной интеллектуальной ГИС и самой АИМ в интересах моделирования морских транспортных систем.

Структура перспективной морской ГИС

Обобщенная структура предлагаемой ГИС приведена на рис. 1, где ДИ – датчики информации; ИС – исполнительные средства. Особенность ассоциативной интеллектуальной машины в составе ГИС в том, что между ее входами и выходами могут быть установлены однозначные соответствия. В качестве нейронной сети машины выступает рекуррентная сеть с обратными связями, замыкающими двухслойные контура с временем задержки единичных образов меньше времени невосприимчивости нейронов после их возбуждения. Структура ее приведена на рис. 2. В этой сети осуществляются управляемые сдвиги совокупностей единичных образов вдоль слоев, в зависимости от их состояний, и обеспечивается приоритетность коротких связей между нейронами.

Полагается, что датчики реализуют функции биологических клеток – рецепторов и первичных нейронов, входящих в рецепторную систему. В общем случае датчики воспринимают информацию, как о состоянии внешнего мира, ГИС и самой АИМ.

Для решения задач, поставленных перед АИМ, помимо успешного прямого и обратного преобразования сигналов в ней, ее нейронная сеть должна иметь соответствующую логическую структуру слоев.

Продольные сдвиги в нейронной сети АИМ ГИС предлагается реализовывать только в случаях, когда между взаимодействующими нейронами при передаче совокупностей единичных образов по коротким связям возникают конфликты. Нейроны сети могут находиться в состояниях ожидания возбуждения, возбуждения и невосприимчивости. За счет постоянных по величине сдвигов совокупностей единичных образов каждый слой сети логически разбивается на одинаковые поля. Информация в сеть вводится через первое поле входного - выходного слоя, а снимается с выходного поля. При этом вводимые в сеть последовательные совокупности единичных образов за счет сдвигов приводятся в ней к од-

ному моменту времени и ассоциируют друг друга. Несмотря на сдвиги совокупностей единичных образов вдоль слоев, в такой сети за счет приоритетности коротких связей устанавливается однозначное соответствие между ее входами и выходами. Входные и последующие поля слоев сети можно рассматривать как состояния некоторой электронной карты на текущие моменты времени с привязкой к географическим координатам. Входные сигналы в виде последовательных совокупностей единичных образов подаются на первое поле первого слоя, продвигаются по сети в указанных направлениях, ассоциируются друг с другом. При этом входные последовательные совокупности единичных образов преобразуются в параллельные, а снимаются с сети после ассоциаций снова как последовательные. Имеет место логическая структура в виде бегущей строки (рис. 3). Вид сверху на первый слой такой сети показан на рис. 4.

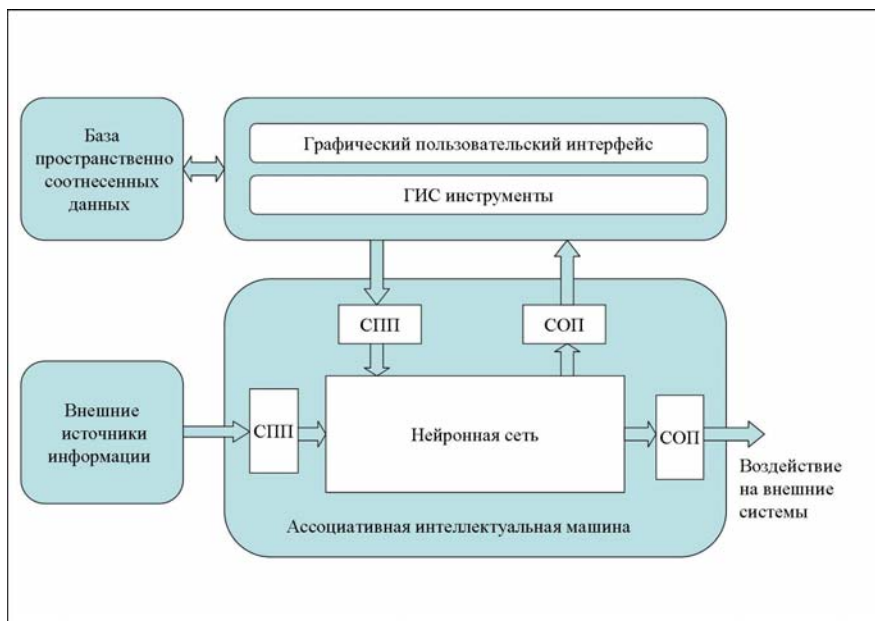


Рис. 1. Обобщенная структура ассоциативной интеллектуальной ГИС

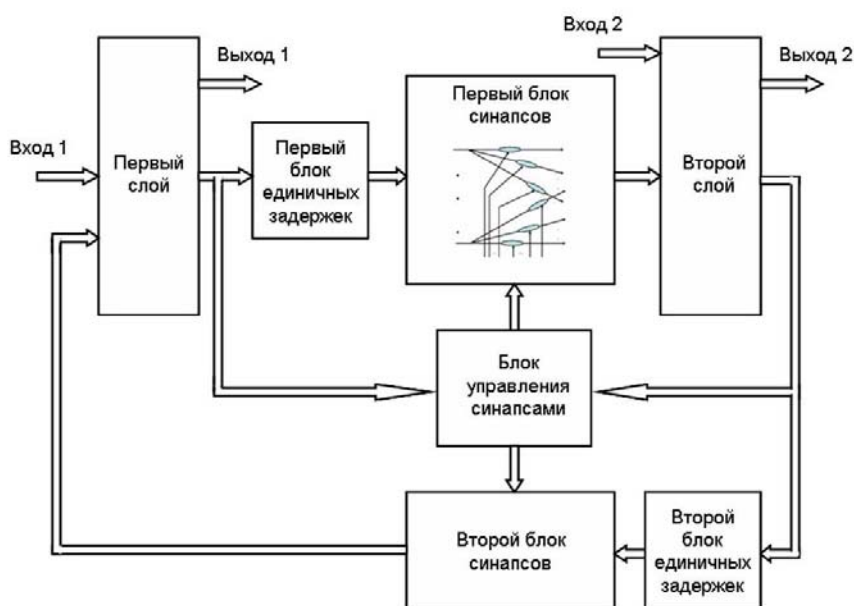


Рис. 2. Структура нейронной сети

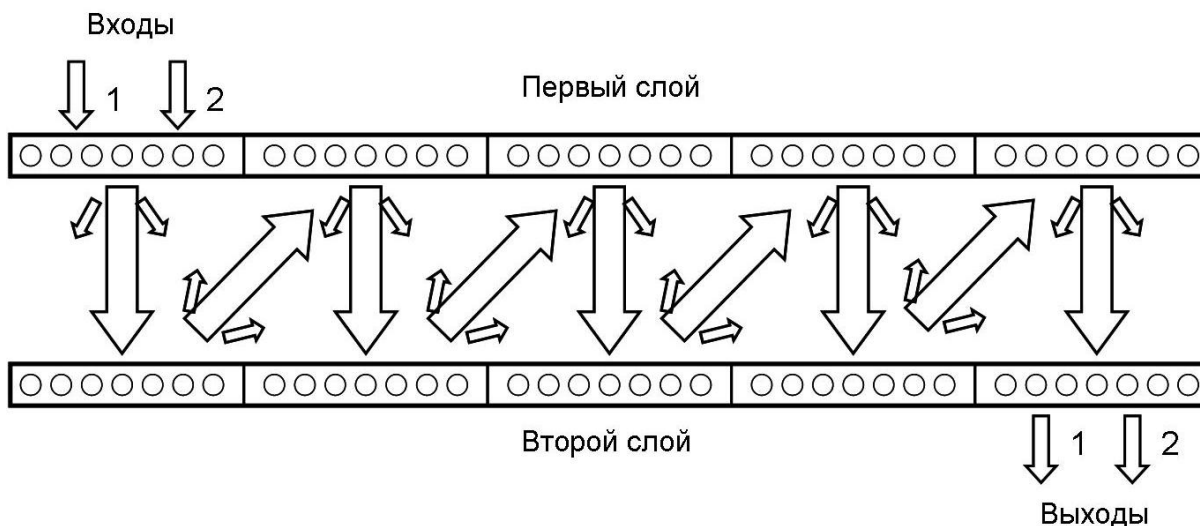


Рис. 3. Логическая структура двухслойной рекуррентной сети в виде бегущей строки

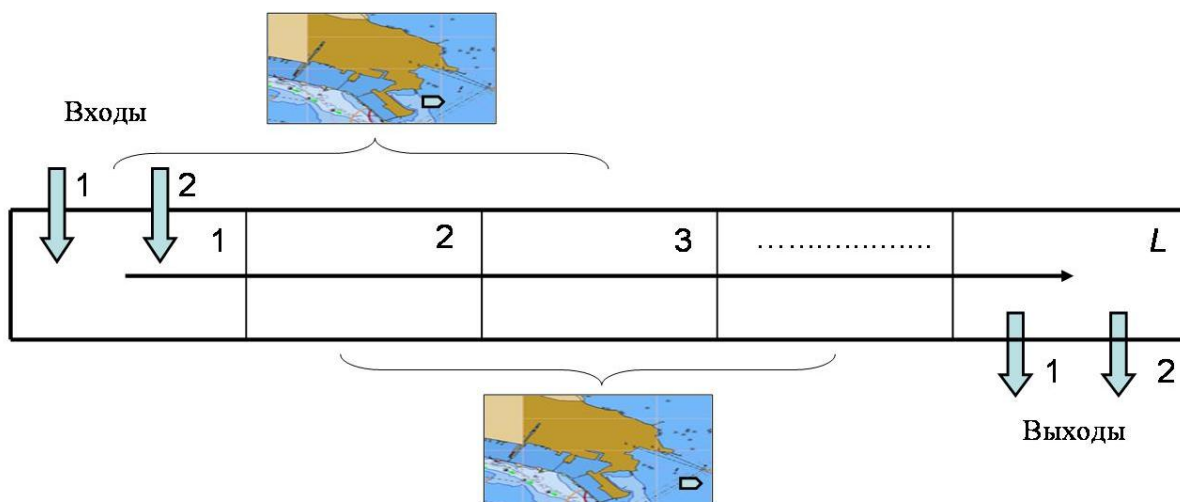


Рис. 4. Вид сверху на первый слой

Для одновременной обработки информации об t последовательных цветных кадрах используемая нейронная сеть должна иметь не менее $L = n \times t$ полей, где n – минимальное число полей, несущих информацию об одном кадре заданного качества. Заметим, что в общем случае одни и те же поля нейронной сети несут информацию о различных кадрах.

К наиболее перспективным рекуррентным нейронным сетям в составе интеллектуальных ГИС следует отнести сети не с линейными, а со спиральными структурами.

Результаты моделирования. Моделировалась одновременная обработка пространственно-временных и временных процессов в такой ГИС.

Установлено, что предлагаемый подход к построению ассоциативных интеллектуальных ГИС, как средств моделирования морских транспортных систем, позволяет успешно осуществлять интеграцию разнородной динамической информации, более полно ассоциировать текущие и запомненные события, прогнозировать их развитие с отображением результатов в исходном виде, выявлять скрытые закономерности. За счет внедрения в состав морских ГИС ассоциативных интеллектуальных машин достигнимо существенное расширение их функциональных возможностей. Подход не требу-

ет постоянного совершенствования программного обеспечения ГИС, так как базируется на самообучении.

Литература

1. **Paliulionis V.** Integration of GIS and expert systems. Databases and information systems. Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA, 2001.
2. **Popovich V., Claramunt C., Osipov V., Wang T., Ray C., Berbenev D.** Integration of Vessel Traffic Control Systems and Geographical Information Systems. REAL CORP 2009. Proceedings. ISBN: 978-3-9502139-7-3. 25-25 April 2009.
3. **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1103 с.
4. **Kohonen T.** Self-Organizing Maps, 3rd ed. Information Sciences. Berlin Heidelberg, Springer 2001.
5. **Villmann T., Merenyi E., Hammer B.** Neural maps in remote sensing image analysis / Neural Networks 16 (2003) 389 – 403.
6. **Осипов В.Ю.** Ассоциативная интеллектуальная машина / Информационные технологии и вычислительные системы. №2, 2010.
7. **Осипов В.Ю.** Прямое и обратное преобразование сигналов в ассоциативных интеллектуальных машинах / Мехатроника, автоматизация, управление. №7, 2010.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТА ДОСТАВКИ ПРОДУКЦИИ ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

И. А. Пластуняк, А. А. Носков (Санкт-Петербург)

Современный производственный процесс предполагает, что для организации снабжения материалами и координации процесса изготовления продукции необходимо использовать специальные методы планирования, например MRP [1, 2]. Поскольку данный метод не оперирует данными о потреблении в прошлом, а ориентируется на будущие потребности, то на практике это означает, что заказ на пополнение запасов формируется только тогда, когда это действительно необходимо, и только на определенное количество. Основываясь на технологии изготовления изделия определяется загрузка производства, при этом принимаются во внимание и уже существующие производственные задания.

На данном этапе для планирования снабжения определяются сроки начала допераций по реализации рассчитанных потребностей. Алгоритм MRP за начало берет дату реализации конечной потребности и «раскручивает» назад во времени процесс изготовления изделия и закупки материалов, таким образом, определяя даты начала производственных операций компонент нижнего уровня вплоть до определения дат формирования заказов поставщикам. Подобная схема обычно имеет вид, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Пример формирования порядка выполнения производственного плана

№ п.п.	Компонент	Время	Примечание
1	A	½ недели	Комплектация из материалов R, G, H и I, отгрузка заказчику
2	B	3 недели	Изготовление из материалов J, K, L и M
3	C	3 недели	Изготовление из материалов J, K, L и M
4	D	4 недели	Изготовление из материалов N, L и M
5	E	3,5 недели	Изготовление из материалов S, T, O, P и M
6	F	½ недели	Изготовление из материалов J, Q, P и M
7	G	1 неделя	Время доставки материала
8	H	1 неделя	Время доставки материала
9	I	1 неделя	Время доставки материала
10	J	8 недель	Время доставки материала с учетом изготовления 6 недель и таможенной очистки в 2 недели
11	K	6 недель	Время доставки материала с учетом изготовления 4 недели и таможенной очистки в 2 недели
12	L	2 недели	Время доставки материала с учетом наличия товара на складе поставщика и таможенной очистки в 2 недели
13	M	½ недели	Время доставки материала
14	N	4 недели	Время доставки материала с учетом изготовления 2 недели и таможенной очистки в 2 недели
15	O	½ недели	Время доставки материала
16	P	1 неделя	Время доставки материала
17	Q	½ недели	Время доставки материала
18	R	1 неделя	Время доставки материала
19	S	3 недели	Время доставки материала с учетом изготовления 1 недели и таможенной очистки в 2 недели
20	T	2 недели	Время доставки материала с учетом наличия товара на складе поставщика и таможенной очистки в 2 недели

Таким образом, требуется решить задачу выбора и формирования вариантов организации проектных перевозок, для которых требования клиента по времени и комплектности отправки является существенными условиями.

Рассмотрим вариант организации транспортировки с учетом жесткого требования по минимальному риску повреждения и времени поставки («точно во время»). Анализ требований клиента приведен в табл. 2

Таблица 2

Положения и анализ заявки на перевозку груза

Параметры	Требования	Примечания экспедитора
Пункт отгрузки груза	аэропорт/порт г. Санкт-Петербург, РФ	Из-за большого расстояния имеются ограничения видов транспортировки
Пункт получения груза	аэропорт/порт г. Веракрус, Мексика	
Весовые характеристики	вес 7 500 кг	Имеет небольшие весовые характеристики и высокую стоимость
Габаритные характеристики	Д*Ш*В: 320 см * 1100 см * 370см	Груз является негабаритным
Срок доставки	не более 30 дней	Имеются ограничения в сроке доставки, поскольку клиенту необходимо выполнить свои контрактные обязательства
Особые отметки	Груз не является опасным	Возможна перевозка любыми видами транспорта
Особые отметки	Перевозка через территории США запрещена	Имеются ограничения в маршрутах перевозки
Особые отметки	Необходимо принять максимальные меры для предотвращения повреждения груза	Из-за сложности восстановления груза к данному пункту применяются высокие требования
Доставка груза на условиях	DAР – г. Веракрус, Мексика ИНКОТЕРМС 2010	Определяет, что товар должен быть доставлен до пункта назначения поставщиком

Разберем ситуацию и создадим проект оптимального способа транспортировки негабаритного груза. Обозначим проблемы, с которыми можем столкнуться в ходе выполнения заказа «точно во время».

После обработки заказа и анализа требований, предъявленным клиентом к доставке груза формулируются основные требования: срок доставки груза ограничен, его перевозка может быть выполнена только по определенному и заранее согласованному маршруту, кроме того поскольку он является негабаритным при рассмотрении маршрута необходимо обеспечить минимальное количество перегрузок, с целью уменьшения риска его повреждения.

Рассмотрим возможные варианты способа доставки. Транспортировка данного груза в первую очередь с учетом габаритных характеристик может быть выполнена с использованием следующих видов транспорта, а именно:

- железнодорожным и морским (смешанный тип перевозки);
- автомобильным и морским (смешанный тип перевозки);
- только морским (без перегрузки с одного контейнера в другой);
- только воздушным.

В табл. 3 приведены возможные маршруты доставки груза из г. Санкт-Петербург, РФ в г. Веракрус, Мексика.

Таблица 3

Характеристика вариантов доставки груза

Номер маршрута	Характеристика	Виды транспорта
1	г. Санкт-Петербург, РФ – порт Валенсия, Испания – порт г. Веракрус, Мексика	ж/д – морской
2	г. Санкт-Петербург, РФ – порт Валенсия, Испания – порт г. Веракрус, Мексика	авто – морской
3	порт Санкт-Петербург, РФ – порт г. Веракрус, Мексика	морской
4	аэропорт Санкт-Петербург, РФ – аэропорт г. Веракрус, Мексика	воздушный

Выполним предварительное определение состава участников процесса доставки, для исключения неприемлемых вариантов транспортировки и сокращения времени в предоставлении клиенту стоимости и вида доставки.

С учетом требований клиента и параметров груза составим основные критерии, с использованием которых определим целесообразные варианты способов доставки. Результаты отражены в табл. 4:

Таблица 4

Возможные риски при различных вариантах доставки.

Критерий	Риски	Вероятность риска повышается на маршрутах
Груз является негабаритным	Повреждения при перегрузке с одного вида контейнера (площадки) на другой и требует высококвалифицированных специалистов отправителя.	авто – морской, ж/д – морской
Если будет более одной перегрузки	Повреждения	авто – морской, ж/д – морской
Дополнительные разрешения на транспортировку	Арест груза из-за отсутствия транзитных лицензий в ряде европейских стран	авто – морской, ж/д – морской

Согласно проведенному анализу можно сделать вывод, что смешанный тип транспортировки «автомобильным – морским» и «железнодорожным – морским» транспортом нецелесообразна по следующим причинам:

- высока вероятность повреждением груза при перегрузках с одного вида транспорта на другой;
- существенное увеличение стоимости транспортировки из-за дополнительных затрат на командирование высококвалифицированных специалистов необходимых для выполнения операций при перегрузке груза;
- наличие и заказ дорогостоящего оборудования необходимого для перегрузки груза;

- срок доставки займет длительный период времени, который согласно заявленным требованиям не может быть изменен.

Таким образом, для дальнейшего сравнения выбираются только морская и воздушная перевозки.

Рассмотрев варианты доставки можно сформировать сводную таблицу, по которой можно принять решение о дальнейшем способе доставки. Результаты сравнения представлены в табл. 5.

Таблица 5

Сравнение морского и воздушного транспорта для перевозки груза по предъявленным клиентом критериям

Критерии сравнения	Вид транспорта	
	морской	воздушный
Время доставки		+
Частота отправок груза (гибкость к срокам клиента)		+
Надежность	+	+
Стоимость	+	
Сохранность и минимальные риски повреждения		+
Удобство доставки груза к/от перевозчику/а	+	+

Выполнив анализ морского и воздушного варианта доставок можно сделать следующий вывод:

- морской перевозчик имеет самую высокую оценку только по стоимости перевозки;

- воздушный перевозчик имеет неоспоримое преимущество по критериям время доставки и сохранность груза.

Для принятия окончательного решения проработанная информация согласовывается с клиентом. В случае жестких требований по неценовым критериям – выбор будет осуществлен в пользу воздушной перевозки не смотря на значительную стоимость поставки. Выбор в пользу морского транспорта осуществляется при не критичном времени.

Следовательно при формировании вариантов доставки и далее при решении задачи выбора следует учитывать не только общепринятые параметры – стоимость и время, а так же внешние факторы, к которым будут относиться, например, условия работы контрагентов в цепи поставок, параметры внешнеторгового контракта и др. Именно поэтому общий алгоритм принятия решения о выборе варианта транспортировки должен быть дополнен этапом координации всех элементов.

Литература

1. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика: Учебник (полный курс МВА). – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. и научн. ред. проф. В.И. Сергеева. - М.: ИНФРА – М, 2008. – 976 с.

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КАТАСТРОФООУСТОЙЧИВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ИНТЕРМОДАЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Б. В. Соколов, М. Ю. Охтилев, В. А. Зеленцов (Санкт-Петербург),
А. Я. Фридман (Петрозаводск)

В современных условиях во многих ведущих мировых державах повсеместно наблюдается переход от индустриального к информационному обществу. Однако, несмотря на указанные достижения, человечество до конца не осознаёт всю опасность и глубину основного противоречия нашей эпохи, связанного с всё увеличивающимся несоответствием между возрастающими его потребностями и возможностями их удовлетворения скудеющей биосферой. Данное противоречие приводит повсеместно к возникновению кризисных ситуаций, аварий и катастроф, имеющих природно-экологические, технико-производственные или антропогенно-социальные причины. При этом спектр угроз экономической, физической и информационной безопасности, а также перечень уязвимостей технической инфраструктуры бизнеса (производственных процессов), и в частности, информационных систем (ИС), постоянно растет. В этих условиях обеспечение непрерывности бизнес-процессов (БП) и повышение катастрофоустойчивости соответствующих бизнес-систем (БС) является одним из важнейших стратегических направлений развития любой организации (компании). Это обусловлено необходимостью сохранять устойчивость и стабильность функционирования организации и ее ИС в различных условиях неблагоприятного воздействия внешних и внутренних факторов техногенного и/или природного характера. При этом под катастрофоустойчивостью ИС следует понимать способность компьютерного комплекса, состоящего из нескольких систем, сохранять критически важные данные и продолжать выполнять свои функции после массового (возможно, целенаправленного) уничтожения его компонентов в результате различных катаклизмов как природного характера, так и инспирированных человеком [1]. Этому определению точно соответствует англоязычный термин «Disaster Tolerance» (DT), однако в общем случае, термин «Disaster Recovery» (DR) (дословно «восстановление после катастрофы»), который можно также переводить как «катастрофоустойчивость». Отличие DR от DT состоит в том, что DR концентрирует внимание на сохранности данных (при строго контролируемых потерях, если они неизбежны), а средства для продолжения полноценной работы во многих случаях предполагаются внешними по отношению к собственно катастрофоустойчивой части комплекса. Таким образом, катастрофоустойчивость ИС предполагает, в первую очередь, обеспечение сохранности данных, а также возможность восстановить работу после крупной локальной аварии или глобального катаклизма, причем теми же средствами обеспечивается заодно и должная степень надежности (традиционная, «локальная», отказоустойчивость) всех или критически важных подсистем. Поскольку компоненты распределены, то в случае массовых отказов на одной площадке основную работу можно перенести на другую площадку. Перечисленные особенности катастрофоустойчивых ИС (КАИС) приводят к необходимости с принципиально новых позиций подходить к решению проблем управления созданием, применением и развитием ИС указанного класса, а также проблем моделирования соответствующих процессов. Особо остро необходимость решения всех перечисленных проблем осуществляется в тех предметных областях, где эффективность БП существенно зависит от факторов времени и воздействия внешней среды. Одной из таких сфер является интермодальные перевозки (ИП) в рамках соответствующих цепей поставок (ЦП) [2]. На рис. 1, представлен пример организационно-технической структуры ЦП, базирующейся на ИП. Всесторон-

ний анализ процессов создания и функционирования современных ЦП показывает, что указанные организации как *объекты управления* характеризуются высокой структурной динамикой (см. рис. 2) [3–4]. Поэтому при их проектировании и использовании необходимо уметь оперативно решать ряд важнейших задач структурно-функционального синтеза их облика. К данным задачам, в первую очередь, могут быть отнесены: задачи выбора партнеров (например, производителей и поставщиков комплектующих изделий и конечной продукции); задачи конфигурирования заказа; задачи размещения заказа; задачи конфигурирования транспортной сети и информационно-технологических ресурсов. Важная роль в решении всех перечисленных задач должна отводиться соответствующим КАИС, обеспечивающим надежность и безопасность функционирования рассматриваемых БС и БП.

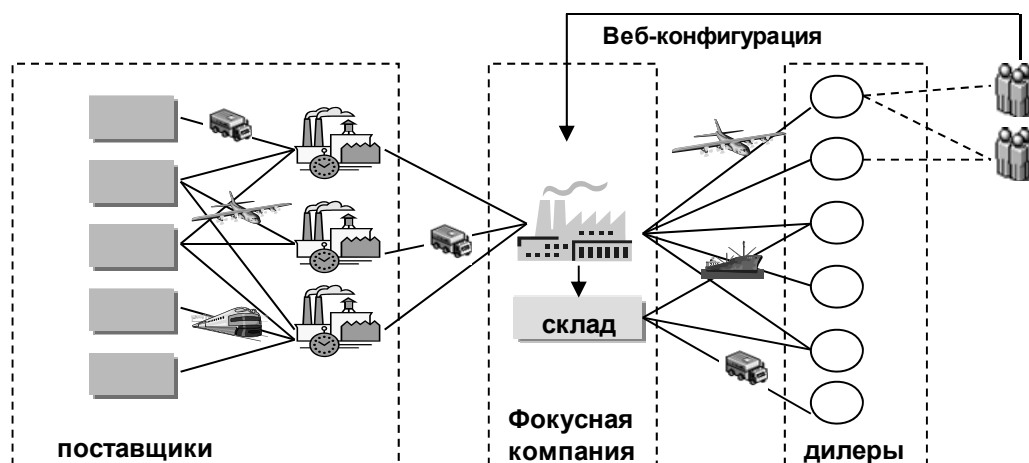


Рис. 1.

Варианты многоструктурных макросостояний ЦП	Структурная динамика цепей поставок			
	$S_0^{(\delta)}$	$S_1^{(\delta)}$...	$S_x^{(\delta)}$
Структуры ЦП				
Продуктовая структура			...	
Функциональная структура бизнес-процессов			...	
Организационная структура			...	
Технико-технологическая структура			...	
Топологическая структура			...	
Финансовая структура			...	
Информационная структура			...	

Рис. 2.

Предварительный анализ проблем и задач, которые необходимо решать на различных этапах жизненного цикла КАИС ЦП и существующих теоретических методов и подходов их решения показывает, что в рамках ранее разработанных теорий и методологий управления сложными системами эти вопросы, как отдельный предмет исследований, с единой общесистемной точки зрения практически не рассматривались. Таким образом, в настоящее время уже сформировались необходимые условия для разработки *нового междисциплинарного научного направления – теории управления сложными организационными и организационно-техническими системами (в том числе, и КАИС) в кризисных ситуациях*, предметом исследований которой являются объекты и процессы, характеризующиеся перечисленными выше особенностями.

Важная роль при разработке *теории управления сложными организационными и организационно-техническими системами в кризисных ситуациях* должна отводиться вопросам создания соответствующего модельно-алгоритмического обеспечения решения задач планирования и управления указанными системами. В связи со сказанным в ходе выполненных исследований было проведено концептуальное описание предполагаемых сценариев модернизации и функционирования КАИС, проанализированы возможные подходы к организации и проведению комплексного моделирования и многокритериального оценивания вариантов функционирования КАИС в различных условиях обстановки.

Также было проведено полимодельное описание процессов модернизации и функционирования унаследованных КАИС, обеспечивающих работу ЦП в условиях внедрения на нем RFID технологий. В состав указанного полимодельного комплекса вошли: детерминированные и стохастические статические и динамические модели программного управления КАИС на различных этапах их жизненного цикла, позволяющие описывать как бизнес-процессы, выполняемые в рамках ЦП, так и процессы модернизации и функционирования КАИС. Согласование (координация) всех перечисленных моделей базируется на концепциях и подходах разрабатываемой авторами теории управления структурной динамикой сложных технических систем [5].

В докладе также представлена структура и варианты применения ситуационной системы комплексного моделирования, ориентированной на анализ и прогнозирование состояния соответствующих ИП, ЦП и КАИС, в которой наряду с традиционными математическими моделями используются инструментальные средства поддержки интеллектуального интерфейса для конструктивного использования опыта и знаний экспертов.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований Исследования по рассматриваемой тематике проводились при финансовой поддержке РФФИ (гранты 11-08-01016, 09-07-00066, 10-07-00311, 10-08-90027-Бел-а, 11-08-00767-а) и ОНИТ РАН (проект №2.3).

Литература

1. Будзко В.И., Беленков В.Г., Кейер П.А. К выбору варианта построения катастрофоустойчивых информационно-телекоммуникационных систем // Системы и средства информатики. 2003. Вып 13. М.: Наука. С. 16–40.
2. Ivanov D.A., Sokolov B.V. Adaptive Supply Chain Management. London: Springer, 2010. 269 p.
3. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Комплексное моделирование функционирования автоматизированной системы управления навигационными космическими аппаратами // Проблемы управления и информатики. 2002. №5. С. 103–117.
4. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических систем. М.: Наука, 2006. 410 с.
5. <http://www.spiiras-grom.ru>

АНАЛИЗ РЫНКА МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В РФ В 2010 – НАЧАЛЕ 2011 ГОДА

В. К. Соколов (Санкт-Петербург)

Мировой экономический кризис значительно повлиял на работу морского транспорта и напрямую затронул контейнерные перевозки грузов. Россия не была исключением и большую часть 2010 года контейнерные операторы мира в общем и России, в частности, пытались преодолеть последствия рецессии 2009 года. Некоторые положительные тенденции на контейнерном рынке стали проявляться уже в декабре 2009 года, однако о возможном восстановлении и прогнозируемых 15–20% роста стали говорить только в начале 2010 года.

В 2009 году контейнерный рынок РФ пострадал больше, чем зарубежный, снижение показателей контейнерооборота ведущих российских терминалов составлял до 30% и выше уровня 2008 года. Например, объёмы перевалки контейнеров «Национальной контейнерной компании» (НКК) в 2009 г. составил более 32% (1 млн 154 тыс. 785 TEUs). Большой порт Санкт-Петербург в то же время снизил показатели контейнерооборота на 31% (1 млн 343 тыс. 675 TEUs). Объёмы перевалки контейнеров группы «Новороссийский морской торговый порт» (НМТП) сократился ещё больше - на 38,4%. Лишь 15% контейнерооборота к уровню, достигнутому в 2008 году, продемонстрировал Владивостокский контейнерный терминал. С такими результатами подошёл к 2010 году российский контейнерный бизнес. Динамика изменений грузооборота показана на рис. 1.

Весь год операторы, отвоёвывая утраченные позиции, начинали новые проекты, осваивали новые направления, особенно активно происходило восстановление весной и в начале лета 2010 года. В частности, CSAV Norasia открыла новый контейнерный сервис между портами Азии и Черного моря с участием Новороссийского порта. «Фирма «Трансгарант» (транспортная группа FESCO) начала контейнерные операции на новой площадке в Хабаровском крае. ОАО «ТрансКонтейнер» в то же время объявило о запуске регулярных контейнерных поездов на Республику Саха (Якутия) и отправила первую партию контейнеризированного груза по маршруту Калининградская область – Кунцево-2.

Значительное событие произошло в апреле, когда в Петербурге первые лица России и Дании при участии руководства Maersk Line открыли первую прямую океанскую контейнерную линию с Россией.

В апреле, контейнерные линии PIL Pacific International Lines и Wan Hai Lines возобновили обслуживание на сервисе FES между портами Дальнего Востока и Северной Европы. Несколько позднее, Pacific International Lines (PIL) представила компанию «МСТ Шиппинг Сервис» в качестве своего агента во Владивостоке и тем самым, сингапурская линия зашла во Владивосток через Шанхай. Компания Кроме того, Containerships объявил об открытии сообщения Санкт-Петербург–Содерталье (Швеция).

Ещё один крупнейший игрок контейнерного рынка - транспортная группа FESCO подписала соглашение с компанией Mitsui & Co.,LTD, согласно которому две компании сформировали стратегический альянс, предусматривающий создание совместной компании для оказания полного спектра складских и дистрибуторских услуг. Позднее, Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. (MOL) основываясь на совместном проекте, объявила планы по увеличению частоты обслуживания на сервисе Japan Trans Siberian Line (JTSL), которым она оперирует совместно с FESCO. Кроме того,

транспортная группа FESCO запустила новый контейнерный сервис по перевозке автокомплектуемых из КНР.

В связи с этим активизировались проекты перевозки контейнеров по железной дороге. Компания GEFSCO в марте отправила первый контейнерный поезд с автокомплектуемыми для российского автозавода PSA Peugeot-Citroen в городе Калуга. А в мае, по маршруту «Первый контейнерный терминал» – Москва-Товарная, было отправлено три полносоставных контейнерных поезда ОАО «ТрансКонтейнер». Также «Евросиб» объявил о запуске нового контейнерного поезда в сотрудничестве с ЗАО «Русская Тройка» и ООО «Фирма «Экодор».

В начале лета контейнерные операторы наращивали интенсивность бизнеса и открывали новые направления. В частности, продолжил активную деятельность «ТрансКонтейнер»: в рамках реализации проекта по организации железнодорожных контейнерных перевозок автокомплектуемых ФИАТ в Россию компания открыла новый маршрут транспортировки в Россию автокомплектуемых Fiat; «ТрансКонтейнер» отправил также контейнерный поезд с зерном со станции Клещиха Западно-Сибирской железной дороги. Значительным достижением ОАО «ТрансКонтейнер» было подписание меморандума с группой GEFSCO о намерении создания совместного предприятия по развитию мультимодальных перевозок между странами Европы и Россией. Отметим также, что уже в конце лета, «ТрансКонтейнер» создал дочернее общество в Сеуле, - TransContainer Asia Pacific Ltd.

Ближе к середине года темпы развития контейнерных проектов несколько снизились, тем не менее, в июле была открыта новая контейнерная линия Шанхай – Ванино, впервые на контейнерный терминал Владивостокского морского торгового порта зашло судно нового линейного сервиса «Korea Marine Transport Co., LTD» («КМТС line»), ОАО «Сахалинское морское пароходство» (SASCO) открыло новый прямой контейнерный сервис на направлении Шанхай-Владивосток.

В то же время начал функционировать новый транзитный маршрут - Хуньчунь (КНР) - Зарубино (РФ) - Ниигата (Япония), сообщение между российским и японским портами осуществляется судном «Teddy Bear» под панамским флагом.

Готовясь к решительному броску в конце 2010 - начале 2011 года, в 4 квартале FESCO пополнил контейнерный парк 7200 TEU новых 20' и 40'HC «сухих» и 362 TEU рефрижераторных контейнеров. Кроме того, в ноябре транспортная группа FESCO и группа компаний FIRST QUANTUM объявили о завершении сделки по продаже группой FESCO принадлежавших ей долей в активах группы НКК, согласно которого группа FESCO более не владеет долями в активах группы НКК.

Одним из последних значимых событий года стало открытие новой прямой линии на Санкт-Петербург компанией Maersk Line.

В итоге в течение 2010 года контейнерный рынок подрос на 30%, то есть практически восполнил потери 2009 года. Таким образом, объем перевалки контейнеров «Первого контейнерного терминала» (Санкт-Петербург, «Национальной контейнерной компанией») увеличился в 2010 год на 23,5% (1 млн 159,9 тыс. TEUs), что на 8% больше, чем в 2008 году. Контейнерооборот «Новороссийского морского торгового порта» (НМТП) увеличился почти в 2 раза в сравнении с показателем 2009 года до 450 тыс. TEUs, что на 18% больше, чем в 2008 году.

В рассматриваемый период объем перевалки «Восточной стивидорной компании» составил на 60% больше контейнеров, чем в 2009 году, «Владивостокский контейнерный терминал» продемонстрировал рост контейнерной перевалки в 19% по сравнению с 2008 годом, «Владивостокский морской торговый порт» в 2010 году добился показателей контейнерооборота больших, чем в 2008 году на 27%. Динамика грузооборота по годам представлена на рис. 1.

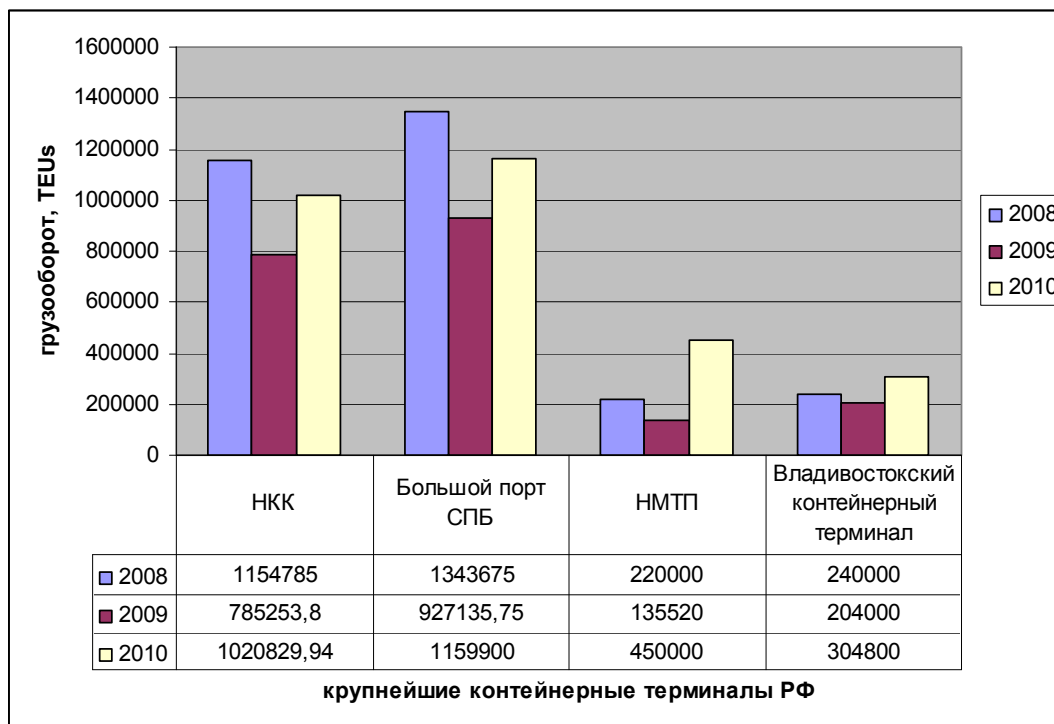


Рис. 1. Грузооборот крупнейших российских терминалов 2008, 2009, 2010 гг.

С самого начала 2011 года контейнерные операторы решительно и инициативно продвигали свои интересы, но итоги первого квартала довольно противоречивы. Бесспорным достижением этого периода, пожалуй, является значительная активизация бизнес-процессов, развитие новых проектов, перспективные начинания и стремления.

Следует отметить следующие события. Крупный проект начала транспортная группа FESCO: на базе ООО «ФЕСКО Интегрированный Транспорт» (ФИТ) предусматривается объединение бизнесов ООО «ФИТ», ООО «ФЕСКО Лайнз Владивосток» (оператор морских перевозок, в основном каботажных, и интермодальных перевозок контейнеров) и ЗАО «МАК Трансфес» (грузовой агент) на базе ООО «ФИТ». Возникающая структура будет осуществлять функции управляющей компании, обеспечивая общее руководство деятельностью тех компаний группы, которые заняты в сфере перевозок, перевалки, экспедирования, таможенной очистки контейнерных грузов.

Компания Maersk Intermodal Systems и Rhenus «Южный порт» запустили еженедельный контейнерный поезд порт Санкт-Петербург - Москва. Ещё один контейнерный поезд, проект Deutsche Bahn, был запущен в апреле - поезд был сформирован в Чонкине в провинции Сычуань в материковом Китае и проследовал железным дорогам Китая, южной Монголии, Казахстана, России, Белоруссии, Польши и Германии.

Особенно активен в рассматриваемый период был Maersk. В частности, Maersk официально включил кронштадтский терминал «Моби Дик» в ротацию, назвав новый фидерный сервис Kronshtadt PLP Service. Затем представители Maersk встречались с премьером В.Путиным, где объявили о том, что группа A.P.Moller-Maersk заинтересована в российском рынке и намерена инвестировать в Россию. Правда, конкретных проектов пока не представили. Однако, впоследствии, Maersk объявил о планах объединения своего прямого сервиса Eucubex из Южной Америки на Северную Европу и Пе-

тербург с другим латиноамериканским сервисом - CRX, которое состоится, предположительно, в июне.

В свою очередь, азиатское региональное подразделение Maersk, линия MCC Transport, изменила ротацию своего сервиса RU-1 на российский Дальний Восток - в расписание был включён судозаход во Владивосток. В середине июня сервис будет переименован в RU-2 и будет работать в ротации Пусан - Восточный - Владивосток (Рыбный порт).

Следует отметить, в качестве показателя тенденций на рынке, показатели развития Большого порта Санкт-Петербурга. Зимой порт пережил тяжёлые погодные условия, так, что операторы ожидали ухудшения экономической ситуации. Однако, в течение трёх месяцев контейнерооборот Большого порта увеличился на 30%. В тот же период Первый контейнерный терминал показал прирост на 0,3%, «Петролеспорт» увеличил показатели на 97,6%, «Моби Дик» увеличил показатели на 59,1%. Тенденции продолжились и далее: в период с января по май, стивидоры Большого порта Санкт-Петербург перегрузили 234 037 TEU – больше, чем в марте на 27,9% и на 49,4%, чем в 2010 году.

За это время Первый контейнерный терминал за 4 месяца увеличил перевалку контейнеров на 4,7%, «Петролеспорт» – на 88,1%, «Моби Дик» – на 75,6%, «Русмарин» – на 38,7%, «Нева-Металл» – на 4,3%.

Также показатели контейнерооборота порта Калининград в январе-апреле 2011г., увеличились по сравнению с аналогичными показателями 2010 года в 2,3 раза, в частности, «Калининградский морской торговый порт» увеличил объёмы перевалки в 3,9 раза, «Балтийская стивидорная компания» – в 1,7 раза.

По мнению аналитиков, до конца 2011 года предположительный рост контейнерооборота портов РФ составит 12-14% и достигнет более 3,6 млн. TEUs, что позволит превзойти показатель 2008 года на 5-6%.

Как поясняют эксперты, рост на рынке контейнерных перевозок, который наблюдается в России с середины 2009 года, свидетельствует о том, что отрасль восстанавливается после кризиса. Рост контейнерооборота в первом полугодии объясняется восстановлением экономики и связанным с этим увеличением объёма грузоперевозок, причем выросли не только транзитные перевозки контейнеров, например на направлении Азия - Европа, но и во внутреннем сообщении.

По мнению аналитиков, ещё одним фактором, повлиявшим на динамику контейнерных перевозок в первом полугодии, стало более широкое распространение контейнерных перевозок среди российских грузоотправителей. Те, кто раньше отправлял свои грузы в крытых вагонах, постепенно переключаются на контейнеры, так как эти перевозки более удобны.

Источники:

1. Данные информационно аналитического агентства Порт-Ньюс, <http://portnews.ru>
2. Данные <http://cargo.ru>

РЕФЕРАТЫ

Глейм В. В. Имитационное моделирование морских грузовых терминалов на примере новороссийского контейнерного терминала.

Рассматривается вопрос сложности проектирования морских грузовых терминалов с применением аналитических методов расчёта и перечисляются преимущества технологии имитационного моделирования. На примере имитационной модели Новороссийского контейнерного терминала рассказывается о возможностях имитационных моделей для оценки эффективности проектных решений по созданию и модернизации грузовых терминалов. Обозначается возможность применения технологии для моделирования др. типов грузовых терминалов.

Девятков В. В., Федотов М. В., Долматов М. А., Ниссенбаум Р. С. Применение универсальной системы имитационного моделирования GPSS World при проектировании судосборочных комплексов в составе современных судостроительных верфей.

В данной статье рассматриваются возможности имитационного приложения по проектированию технологий формирования корпусных конструкций судна в доке. Описываются основные функциональные возможности приложения, состав программных компонентов в его составе, приводятся примеры взаимодействия технолога-судостроителя с приложением при построении модели, планировании экспериментов и анализе результатов моделирования.

Долматов М. А., Ниссенбаум Р. С., Плотников А. М., Федотов Д. О. Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России.

В статье рассмотрены перспективы и опыт применения методов имитационного моделирования в ОАО «ЦТСС» при проектировании производств предприятий судостроительной промышленности России.

Киптилый Д. В., Колесов Ю. Б., Лебедев Д. В., Сениченков Ю. Б., Тарасов С. В. Объектно-ориентированный подход к разработке тренажера грузовых операций на море.

Описана объектно-ориентированная технология «физического» моделирования, реализованная в пакете MvStudium 6 (Rand Model Designer), применяемая ЗАО «Транзас технологии» для построения многокомпонентных моделей технологических тренажёров морских судов.

Лукинский В. С., Шульженко Т. Г., Соколов К. А. Модели и методы интермодальной транспортной логистики: современное состояние и перспективы развития.

В представленных материалах доклада приведен критический анализ современного комплекса моделей и методов управления потоковыми процессами в интермодальных системах доставки грузов; представлен алгоритм принятия решений по использованию моделей и методов управления транспортными потоками в цепях поставок на основе разработанного подхода к структуризации моделей и методов управления интермодальными перевозками для различных уровней логистических систем.

Медведев В. В., Половинкин В.Н. Использование имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых дизелей.

В докладе описаны примеры и общий подход к выполнению с использованием имитационного моделирования (ИМ) прогноза остаточного ресурса деталей и узлов дизелей,

подверженных износу и усталостному накоплению повреждений, уровней вибрации и шума судовых дизелей, а также теплового состояния деталей двигателя. Показано использование результатов ИМ для оценки технико-экономической эффективности предлагаемых технических решений.

Осипов В. Ю. Моделирование морских транспортных систем на основе интеллектуальных геоинформационных систем.

Рассматривается подход к моделированию морских транспортных систем на основе интеллектуальных геоинформационных систем (ГИС). В качестве интеллектуального ядра таких ГИС предлагается использовать специальную ассоциативную машину, включающую в себя нейронную сеть с управляемыми пространственными сдвигами совокупностей единичных образов вдоль слоев. В отличие от известных подходов предлагаемый метод позволяет существенно расширить возможности по интеллектуальной обработке динамической разнородной пространственно соотнесенной информации, как в интересах анализа текущих, так и прогнозирования будущих событий, связанных с морскими транспортными системами.

Пластунок И. А., Носков А. А. Проектирование варианта доставки продукции при мультимодальных перевозках.

Рассмотрены вопросы выбора вариантов доставки с учетом особенностей перевозимого груза, требований клиента, возможностей видов транспорта. Доказано, что при формировании вариантов требуется использовать проектный, клиентоориентированный подход.

Соколов Б. В., Охтилев М. Ю., Зеленцов В. А., Фридман А. Я. Проблемы комплексного моделирования катастрофоустойчивых информационных систем, обеспечивающих интермодальные перевозки.

Рассматриваются проблемы комплексного моделирования катастрофоустойчивых информационных систем (КАИС), обеспечивающих интермодальные перевозки. Проанализированы основные классы задач моделирования КАИС, показано, что в основу создаваемого комплекса моделей целесообразно положить результаты теории управления структурной динамикой сложных объектов, разрабатываемой авторами. На конкретных примерах иллюстрируется конструктивность предлагаемых подходов при решении практических задач интермодальной логистики.

Соколов В. К. Анализ рынка морских контейнерных перевозок в РФ в 2010 – начале 2011 года.

Статья содержит анализ рынка морских контейнерных перевозок в РФ в период финансово-экономического кризиса. Приводится статистика грузооборота крупнейших контейнерных терминалов РФ, динамика изменений грузооборота в зависимости от событий кризисного периода. Оцениваются события 2010 года с точки зрения возрождения рынка морских контейнерных перевозок.

ABSTRACT

Longo Francesco, Longo Francesco. Modeling port security.

The work focalizes on the use of modelling and simulation to model some aspects of port security, specifically container inspection procedures, In particular the authors first address the problem of data fusion integration to evaluate for each single container a security index (containers selection for inspection operations); then a simulation model a container terminal is proposed to investigate the container inspection operations. The simulation model is used jointly with Design of Experiments and Analysis of Variance to evaluate the impact of some fundamental design parameters on the performance of the container inspection operations.

Massei Marina, Tremori Alberto. Mobile Training solutions based on ST_VP: a HLA Virtual Simulation for Training and Virtual Prototyping within Ports

This paper proposes the critical issues related to the innovative use of simulation for Mobile Training. The authors propose a methodology for developing simulators for training purposes; special attention is proposed on providing tailored solution for training activities to be conducted in different frameworks. The focus of such a research being a mobile training solution able to reach and be effective on trainees from different countries (i.e Mediterranean Area); many aspects, such as language, culture, procedures, have to be analyzed as well as possible benefits using simulators for training (i.e. cost reduction)

Agostino G. Bruzzone, Alberto Tremori, Yuri Merkurjev. Asymmetric Marine Warfare: PANOPEA a Piracy Simulator for Investigating New C2 Solutions

This research is devoted to experimentation, by using simulation, on a complex maritime scenario where it's possible to evaluate different strategies in NEC C2 M2 (Net Centric Command and Control Maturity Models). In this paper the authors propose an extension of previous experimentation based on a simulation model related to an asymmetric scenario in maritime domain with special attention to piracy; in fact simulation team developed a simulator, titled PANOPEA (Piracy Asymmetric Naval Operation Patterns modeling for Education & Analysis) to analyze new asymmetrical war theaters focusing on scenarios of marine warfare versus pirates in Aden Gulf for supporting different educational and training purposes.

Gleim V. V. Simulation modeling of sea freight terminals based on the example of novorossiysk container terminal

Analytical methods do not always work for planning marine freight terminals as soon as they take out of consideration a lot of important things which may significantly influence terminal efficiency. Based on the example of Novorossiysk container terminal we consider how simulation modelling can help to overcome drawbacks of analytical methods and what other advantages it provides for planning/designing of freight terminals of different types.

Deviatkov V. V., Fedotov M. V., Dolmatov M. A., Nissenbaum R. S. Application of universal system of simulating modelling GPSS World at designing ship-assembly complexes in structure of modern ship-building shipyards.

In given article possibilities of the simulating application on designing of technologies of formation of hull of a vessel in dock are considered. The basic functionality of the application, structure of program components in its structure are described, examples of interaction of the technologist-ship builder with the application are resulted at model construction, planning of experiments and the analysis of results of modelling.

Dolmatov M. A., Nisenbaum R. S., Plotnikov A. M., Fedotov D. O. Simulating modelling as the tool of an estimation of engineering decisions by projects development of updating ship-building and ship-repair enterprises of Russia.

In article prospects and experience of application of methods of imitating modelling in JSC «SSTC» are considered at designing of manufactures of the enterprises of the ship-building industry of Russia.

Kiptily D.V., Kolesov Y.B., Lebedev D.V., Senichenkov Y.B., Tarasov S. V. An object-oriented approach to development of marine technological simulator.

Object-oriented technology of physical modeling used in Model Vision Studium 6 (Rand Model Designer) is presented. This technology was employed by “Transas Technology” company for development of multi-component models for marine technological simulator.

Lukinskiy V. S., Shulzhenko T. G., Sokolov K. A. Models and methods for inter-modal transport logistics: current status and development prospects.

The submission of the report provides a critical analysis of modern complex models and methods to control flow processes in intermodal freight delivery systems. An algorithm for decision-making on the use of models and methods of traffic management in supply chains based on the developed approach to structure models and methods to control for intermodal transport at different levels of logistics systems.

Medvedev V. V., Polovinkin V. N. Use of a simulation modeling for maintenance of reliability and safety of ship diesel engines.

At the report the examples and general approach of fulfilment with use of a simulation modeling (SM) of the prognosis of residual resource of details and knots of diesel engines subject to wear and fatigue accumulation of damages, levels of vibration and noise of ship diesel engines, and also thermal condition of the details of the engine are circumscribed. The use of outcomes of SM for an evaluation of technological efficiency of offered engineering solutions is shown.

Merkuryev Yuri, Merkuryeva Galina, Bikovska Jana. Simulation-supported supply chain management in the eclips project.

The paper discusses experiences in using simulation, gained within implementation of the European research project ECLIPS that addresses the state-of-the-art in supply chain management. It is aimed at minimization of total inventories through the whole supply chain, taking into account a product lifecycle phase. Here simulation is used to support supply chain management processes thus providing conditions for minimization of inventories. Simulation provides a platform for testing developed algorithms, as well as allows efficient training in application of the developed methods.

Osipov V.Yu., Modeling and simulation marine transport systems which is based on intelligent geo-information systems.

The approach to modeling of sea transport systems on the basis of intellectual geo-information systems (GIS) is considered. As an intellectual kernel such GIS it is offered to use the special associative machine including a neural network with operated spatial shifts of sets of individual images along layers. Unlike known approaches the offered method allows to expand essentially possibilities on intellectual processing of the dynamic diverse spatially correlated information, as in interests of the analysis flowing, and forecasting of the future events connected with sea transport systems.

Plastunyal I. A., Noskov A. A. Project of the variant of delivery of production at multi-modal transportations.

Questions of a choice of variants of delivery taking into account features of transported cargo, requirements of the client, possibilities of types of transport are considered. It is proved that at formation of variants it is required to use the project approach.

Sokolov B. V., Okhtilev M. Yu., Zelentsov V. A., Fridman A. Y. Problems of integrated modeling for disaster tolerance information systems which are supported inter-modal traffic.

The problems of integrated modeling disaster-tolerance systems (DTS) providing intermodal transportation are investigated. The main classes of simulation problems DTS have been analyzed. It was shown that in the foundation of the proposed models complex should be put the results of structural dynamics control theory which is developed by the authors. Constructive of suggested approaches for solving practical problems of intermodal logistics is illustrated by specific examples.

Sokolov V. K. The analysis of the market of sea container transportations in the Russian Federation in 2010 – the beginning of 2011.

The article contains the analysis of the market of sea container transportations in the Russian Federation in financially – economic crisis. The statistics of a turnover of goods of the largest container terminals of the Russian Federation, dynamics of changes of a turnover of goods depending on events of the crisis period is resulted. Events of 2010 from the point of view of revival of the market of sea container transportations are estimated.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- 1 **Bikovska Jana** Researcher and teaching assistant at the Department of Modelling and Simulation, Riga Technical University, Latvia., Kalku Street 1, LV-1658 Riga, Latvia
e-mail: Jana.Bikovska@rtu.lv
- 2 **Francesco Longo** Dr., MSC-LES, University of Calabria, Via P. Bucci, Cubo 44C, Rende (CS), Italy
e-mail: f.longo@unical.it
- 3 **Letizia Nicoletti** CAL-TEK Srl
Via Spagna 70, Rende (CS), Italy
e-mail: l.nicoletti@cal-tek.eu
- 4 **Marina Massei** Dr., MISS DIPTeM University of Genoa, Italy
e-mail: massei@itim.unige.it
- 5 **Alberto Tremori** Electronic Engineer, DIPTeM University of Genoa, Italy
e-mail: alberto.tremori@simulationteam.com
- 6 **Agostino G. Bruzzone** Prof., M @ S Net Director
DIPTeM University of Genoa, Italy
e-mail: agostino.bruzzone@simulationteam.com
- 7 **Merkuryev Yuri** Professor and Head of the Department of Modelling and Simulation at Riga Technical University in Riga, Latvia., Kalku Street 1, LV-1658 Riga, Latvia
e-mail: Jurijs.Merkurjevs@rtu.lv
- 8 **Merkuryeva Galina** Professor at the Department of Modelling and Simulation at Riga Technical University, Latvia., Kalku Street 1, LV-1658 Riga, Latvia
e-mail: Galina.Merkurjeva@rtu.lv
- 9 **Глейм Виктор Владимирович** Старший консультант ООО «Экс Джей Текнолоджис» Санкт-Петербург, пр. Непокорённых, д. 49, оф. 410
Тел. 8 (812) 4413105
e-mail: victorg@xjtek.com, www.anylogic.com
- 10 **Девятков Владимир Васильевич** к.т.н., директор ООО «Элина-Компьютер», 420061, Казань, ул. Сеченова, д. 17, офис 314
Тел.: (843) 273-04-14
e-mail: vladimir@elina-computer.ru
- 11 **Долматов Михаил Анатольевич** Главный специалист, Отраслевой центр ИПИ технологий, НТФ «Судотехнология» ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург, Промышленная ул., д. 7,
Тел.: 8 (812) 610-64-69
e-mail: dolmatov@sstc.spb.ru
- 12 **Зеленцов Вячеслав Алексеевич** д.т.н., профессор, в.н.с. Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), руководитель Научно-консультативного центра космических информационных систем и технологий, Санкт-Петербург
Тел.: 8 (812) 328-01-03
e-mail: zvarambler@ Rambler.ru
- 13 **Киптилый Д.В.** Инженер-моделист, PhD, ЗАО «Транзас технологии», Санкт-Петербург
e-mail: Dmitry.Kiptily@transas.com

- 14 **Колесов
Юрий Борисович** Ведущий эксперт, д.т.н., Счетная палата РФ, Москва
e-mail: ybk@mail.ru
- 15 **Лебедев Д.В.** Инженер-моделист, ЗАО «Транзас технологии»,
Санкт-Петербург
e-mail: Dmitry.Lebedev2@transas.com
- 16 **Лукинский
Валерий Сергеевич** Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой логистики и организации
перевозок Санкт-Петербургского государственного
инженерно-экономического университета
- 17 **Медведев
Валерий Викторович** к.т.н, доцент, ГМТУ, Санкт-Петербург
e-mail: v_v_medvedev@mail.ru
- 18 **Ниссенбаум
Роман Семович** главный инженер, ПФ «Союзпроектверфь»,
ОАО «ЦТСС»,
Санкт-Петербург, Промышленная ул., д. 7,
Тел.: (812) 252-41-10
- 19 **Носков
Антон Александрович** аспирант кафедры логистики и организации перевозок
ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
инженерно-экономический университет»,
Санкт-Петербург
e-mail: plastounjak@mail.ru
- 20 **Осипов
Василий Юрьевич** д.т.н, в.н.с. Санкт-Петербургского института
информатики и автоматизации РАН,
Санкт-Петербург,
Тел.: 8 (812) 355-96-82
e-mail: osipov_vasiliy@mail.ru
- 21 **Охтилев
Михаил Юрьевич** д.т.н., профессор, заместитель Генерального
конструктора ОАО «СКБ ОРИОН»,
Санкт-Петербург
Тел.: 8 (812) 600-15-12, 8 (812) 328-01-03
e-mail: oxt@email.ru.
- 22 **Пластуняк
Ирина Александровна** к.э.н., доцент кафедры логистики и организации
перевозок ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный инженерно-экономический
университет», Санкт-Петербург
e-mail: plastounjak@mail.ru
- 23 **Плотников
Александр Михайлович** начальник сектора, Отраслевой центр ИПИ
технологий, НТФ «Судотехнология», ОАО «ЦТСС»,
Санкт-Петербург, Промышленная ул., д. 7,
Тел.: 8 (812) 610-64-44
e-mail: plotnikov@sstc.spb.ru
- 24 **Половинкин
Валерий Н.** д. т. н., профессор,
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова»,
Санкт-Петербург
- 25 **Сениченков
Юрий Борисович** Профессор, д.т.н. СПбГПУ
e-mail: senyb@dcn.ftk.spbstu.ru

- 26 **Соколов Борис Владимирович** д.т.н., профессор, заместитель директора учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) по научной работе, Санкт-Петербург
Тел.: 8 (812) 328-01-03
e-mail: sokol@iias.spb.su.
- 27 **Соколов Вадим Константинович** к.э.н., доцент кафедры Логистики и организации перевозок, Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет, Санкт-Петербург
e-mail: sokolovvk@inbox.ru
- 28 **Соколов Константин Анатольевич** Генеральный директор ОАО «Морской торговый порт Усть-Луга», Санкт-Петербург
Телефон: 8 (812) 244-35-40, 8 (812) 244-45-40
e-mail: mtp@ust-luga.ru
- 29 **Тарасов С.В.** Старший инженер-моделист, ЗАО «Транзас технологии», Санкт-Петербург
e-mail: Sergey.Tarasov@transas.com
- 30 **Федотов Денис Олегович** Инженер, Отраслевой центр ИПИ технологий, НТФ «Судотехнология», ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург, Промышленная ул., д. 7
Тел.: 8 (812) 610-64-69
e-mail: denisw10@mail.ru
- 31 **Федотов Максим Валерьевич** Инженер, ООО «Элина-Компьютер» 420061, Казань, ул. Сеченова, д. 17, офис 314
Тел.: 8 (843) 273-04-14
e-mail: vmftov@pochta.ru
- 32 **Фридман Александр Яковлевич** д.т.н., профессор, зав. лабораторией Информационных технологий управления промышленно-природными системами Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, профессор Кольского филиала Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск
e-mail: fridman@iimm.kolasc.net.ru.
- 33 **Шульженко Татьяна Геннадьевна** к.э.н., доцент кафедры логистики и организации перевозок Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета, Санкт-Петербург
Тел.: 8 (812) 766-01-17
e-mail: dept.kliop@engesc.ru

Международная научно-практическая конференция

**«Имитационное и комплексное моделирование морской
техники и морских транспортных систем» –
«ИКМ МТМТС 2011»**

Труды конференции

International scientific-practical conference

**«Simulation and complex modelling in marine
engineering and marine transporting systems» –
SCM MEMTS 2011**

Proceedings of conference

Подписано в печать .06.2011. Формат бумаги.
Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная. Тираж 60 экз.

ОАО «ЦТСС», 198095, Санкт-Петербург