

ISSN 2328-1391 (print)
ISSN 2227-930X (online)

International Journal of Advanced Studies

Founded in 2011
Volume 6, Number 2
2016

Editor-in-Chief – **Andrey Ostroukh**, Dr. Sci. (Tech.)
Deputy Editor-in-Chief – **Ya.A. Maksimov**
Managing Editor – **N.A. Maksimova**
Support Contact – **Yu.V. Byakov**
Design and Layout – **R.V. Orlov**

Международный журнал перспективных исследований

Журнал основан в 2011 г.
Том 6, №2
2016

Главный редактор – **А.В. Остроух**, д.т.н.
Зам. главного редактора – **Я.А. Максимов**
Выпускающий редактор – **Н.А. Максимова**
Заведующий отделом веб-работы – **Ю.В. Бяков**
Компьютерная верстка, дизайнер – **Р.В. Орлов**

Красноярск, 2016
Научно-Инновационный Центр

Красноярск, 2016
Science and Innovation Center Publishing House

12+

International Journal of Advanced Studies, Volume 6, №2, 2016, 156 p.

The edition is registered (certificate of registry EL № FS 77 - 63681) by the Federal Service of Intercommunication and Mass Media Control and by the International center ISSN (ISSN 2328-1391 (print), ISSN 2227-930X (online)).

IJAS is published 4 times per year

All manuscripts submitted are subject to double-blind review.

The journal is included in the Reviewing journal and Data base of the RISATI RAS. Information about the journal issues is presented in the RISATI RAS catalogue and accessible online on the Electronic Scientific Library site in full format, in order to create Russian Science Citation Index (RSCI). The journal has got a RSCI impact-factor (IF RSCI).

Address for correspondence:

9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk, 660127, Russian Federation

E-mail: ijas@ijournal-as.com

<http://ijournal-as.com>

Subscription index in the General catalog «SIB-Press» – 63681

Published by Science and Innovation Center Publishing House

Международный журнал перспективных исследований, Том 6, № 2, 2016, 156 с.

Журнал зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации от 10.11.2015 ЭЛ № ФС 77 - 63681) и Международным центром ISSN (ISSN 2328-1391 (print), ISSN 2227-930X (online)).

Журнал выходит четыре раза в год

На основании заключения Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ в целях создания Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Адрес редакции, издателя и для корреспонденции:

660127, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192

E-mail: ijas@ijournal-as.com

<http://ijournal-as.com>

Подписной индекс в каталоге «СИБ-Пресса» – 63681

Учредитель и издатель:

Издательство ООО «Научно-инновационный центр»

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2016

FOCUS AND SCOPE

The journal covers international practices as well as today's tendencies and trends in the sphere of automation and control systems based on information and communication technologies in industry, construction, transportation, economics, education, etc.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Журнал освещает мировой опыт и современные тенденции в области автоматизации и управления на основе информационно-коммуникационных технологий в промышленности, строительстве, транспорте, логистике, экономике, образовании и других областях.

Editorial Board Members

Alexander Solov'ev, Ph.D., Dean of the Faculty of Pre-University Training (Moscow Automobile and Road construction State Technical University, Russian Federation).

Alexey Voropay, Ph.D., Associate Professor, Department «Machine Parts and Theory of Machines and Mechanisms» (Kharkov National Automobile and Highway University, Ukraine).

Amrendra Kumar Singh, Ph.D., Assistant Professor in English, Area of Humanities & Social Science, Department of English (NIIT University, India).

Boris Serbinovsky, Ph.D., Professor of the Department of Systems Analysis and Management of the Faculty of High Technologies (Southern Federal University, Russian Federation).

Daniel Frolov, Ph.D., Professor, Head of the Department of Marketing and Advertising (Volgograd State University, Russian Federation).

Denis Nedbaev, Ph.D., Assistant Professor, Rector (Armavir Social-Psychological Institute, Russian Federation).

Dmitry Popov, Ph.D., Professor, Head of the Department "Computer Science and Engineering", Director of the Institute of Open Education (Moscow State University of Printing Arts, Russian Federation).

Elena Erokhina, Ph.D., Professor of Economics and Organization of Production (Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Russian Federation).

Larisa Lisitskaya, Ph.D., Assistant Professor, Head of the Department of Pedagogy and Technology of Preschool and Primary Education (Armavir State Pedagogical University, Russian Federation).

Michael Krasnianskiy, Ph.D., Rector (Tambov State Technical University, Russian Federation).

Savvakis Emmanouel (Manos), PhD in Sociology of Health and Illness (University of the Aegean, Greece).

Stephen A. Myers, Ph.D., Masters of Environmental Management (University of Ballarat, Australia).

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Takhir Aminov, Ph.D., Professor of Pedagogy (Bashkir State Pedagogical University, Russian Federation).

Tatyana Grass, Ph.D., Assistant Professor (Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafev, Russian Federation).

Vinay Kumar Singh, UG, PG, M.Phil. Ph.D. (Deen Dayal Upadhyay Gorakhpur University, Gorakhpur, India).

Vladimir Dresvyannikov, Ph.D., Assistant Professor, Professor of the Department of Management and Marketing (Penza Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Russian Federation).

Yong Lee, Ph.D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology, China).

Члены редакционной коллегии

Соловьев Александр Николаевич, доктор педагогических наук, декан факультета довузовской подготовки (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Российская Федерация).

Воропай Алексей Валерьевич, кандидат технических наук (PhD), доцент, доцент кафедры Деталей машин и ТММ (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина).

Amrendra Kumar Singh, Ph.D., Assistant Professor in English, Area of Humanities & Social Science, Department of English (NIIT University, India).

Сербиновский Борис Юрьевич, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления факультета высоких технологий (Южный федеральный университет, Российская Федерация).

Фролов Даниил Петрович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой маркетинга (Волгоградский государственный университет, Российская Федерация).

Недбаев Денис Николаевич, кандидат психологических наук, доцент, ректор (Частное образовательное учреждение высшего образования «Армавирский социально-психологический институт», Российская Федерация).

Попов Дмитрий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой “Информатика и вычислительная техника”, директор Института открытого образования (Московский государственный университет печати (МГУП), Российская Федерация).

Ерохина Елена Вячеславовна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства (Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация).

Лисицкая Лариса Григорьевна, доктор филологических наук, доцент, заведующий кафедрой педагогики и технологий дошкольного и началь-

ного образования (Армавирский государственный педагогический университет, Российская Федерация).

Savvakis Emmanouel (Manos), PhD in Sociology of Health and Illness (University of the Aegean, Greece).

Краснянский Михаил Николаевич, доктор технических наук, ректор (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет», Российская Федерация).

Stephen A. Myers, PhD, Masters of Environmental Management (University of Ballarat, Australia).

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Аминов Тахир Мажитович, доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогики (Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Российская Федерация).

Грасс Татьяна Петровна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры экономики и управления (Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Российская Федерация).

Vinay Kumar Singh, UG, PG, M.Phil. Ph.D., Lecturer (Deen Dayal Upadhyay Gorakhpur University, Gorakhpur, India).

Дресвянников Владимир Александрович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Менеджмент и маркетинг» (Пензенский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Российская Федерация).

Yong Lee, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

CONTENTS

<i>Babeshko V.N.</i> INFORMATION SYSTEM QUALITY CONTROL KNOWLEDGE	9
<i>Kukushkin S.N., Yankovskaya V.V.</i> CORPORATE INNOVATION SYSTEM	17
<i>Nikolaev A.B., Ivakhnenko A.A., Pashayev V.V., Tregubov P.G.</i> CONTROLLABLE MODEL OF MULTIMODAL TRANSPORTATION.....	41
<i>Osipov A.L., Trushina V.P., Chentaeva E.A.</i> COMPUTER METHODS OF GENETIC ANALYSIS	55
<i>Osipov A.L., Trushina V.P., Pavlik I.O.</i> MODELLING OF CONCENTRATION LIMITS BASED ON NEURAL NETWORKS	67
<i>Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.</i> THE DECISION OF FORM FOR DIFFRACTIVE STRUCTURES IN THE PROBLEM OF SCATTERING OF RADIO WAVES	79
<i>Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.</i> THE SIMULATION OF SCATTERING OF ELECTROMAGNETIC WAVES ON ANGULAR STRUCTURES	88
<i>Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.</i> THE OPTIMIZATION OF ELECTRODYNAMIC CONFIGURATION OBJECT WITH THE DESIRED CHARACTERISTICS OF SCATTERING.....	97

Stroganov V.Yu., Faddeeva E.Yu.,

Sakun B.V., Satyshev S.N.

COMPONENT SUPPLY MODEL FOR REPAIR
ACTIVITIES NETWORK UNDER CONDITIONS
OF PROBABILISTIC INDEFINITENESS..... 108

Uladzimir Buts, Zhang Tszindong

CONCEPTUAL MODEL OF INFORMATION SYSTEM
OF THE AGRICULTURAL ENTERPRISES..... 123

Yankovskaya V.V.

PROGRAM AND GOAL-ORIENTED DEVELOPMENT
OF THE MUNICIPALITY 137

RULES FOR AUTHORS 152

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-9-16

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ

Бабешко В.Н.

Совершенствование образовательной системы связывают с необходимостью управления качеством образовательных услуг. Контроль качества знаний является важной частью ученого процесса. Проникновение компьютеров во все области деятельности меняет подходы и технологии, которые ранее в них применялись.

Ключевые слова: *автоматизация; диагностика; качество; контроль; сетевой; система; технология; тестирование.*

INFORMATION SYSTEM QUALITY CONTROL KNOWLEDGE

Babeshko V.N.

The development of the educational system is associated with the need to control the quality of educational services. Quality control knowledge is an important part of the scientific process. The penetration of computers into all areas of activities changing approaches and technologies that previously they were used.

Keywords: *automation; diagnostics; quality control; network; system; technology; testing.*

Потребители образовательных услуг все большее внимание уделяют их качеству, оно становится социально востребованной категорией. Проблема контроля качества знаний всегда была и

остаётся крайне актуальной. Сегодня в педагогических исследованиях изучаются средства и способы повышения эффективности обучения и образования. Педагогический контроль является необходимой составляющей педагогического процесса и любой технологии обучения, в дистанционной он приобретает особо высокую значимость [1, с. 151].

В последнее время уделяется большое внимание разработке сетевых автоматизированных обучающих систем, позволяющих студенту в интерактивном режиме изучать и закреплять материал, а также проверять полученные знания. Положительные качества сетевых автоматизированных систем для компьютерного тестирования очевидны. Они позволяют освободить преподавателя от мало эффективной работы при проведении экзаменов и промежуточной оценке знаний в традиционном учебном процессе, а при обучении с использованием дистанционных технологий становятся основным средством контроля. Использование автоматизированных многопроцессорных информационных систем во всех сферах деятельности изменяет подходы и технологии, которые ранее в них применялись [2, с. 3]. Большое влияние эта тенденция оказала и на технологии организации учебно-воспитательного процесса.

С понятием «педагогическая диагностика» связано понятие «тестирование» как перспективный метод педагогической диагностики – направление на стыке педагогики, теории измерений, математических моделирования и статистики, автоматизации с использованием современных и перспективных средств вычислительной техники. Эта процедура контроля легко формализуется, следовательно, легко автоматизируется и реализуется в сетевых инфраструктурах. Тестирование является педагогическим явлением, имеющим многоплановое определение, сущность которого сводится к пониманию его как метода исследования и наиболее эффективного и объективного средства контроля, как часть современных и перспективных образовательных технологий [3, с. 79].

Концепции современного обучения рассматривают содержание образования как совокупность курсов, курс – как систему занятий, а занятие – как систему образовательных действий, каждое из которых, в свою очередь является совокупностью простых действий. Такая структура находит отражение в системе контроля знаний. При оценке качества знаний контролю подлежат не только их полнота, но и умение использовать их взаимосвязи, это можно сделать только в том случае, если предварительно составить структурную схему тестового задания и реализовать ее в современной сетевой инфраструктуре [4, с. 327], обозначить отдельные образовательные действия и их логические или причинно-следственные связи. Необходимо, чтобы тест проверял знания, умения и навыки обучаемого по реализации этих переходов с использованием современного высоко технологичного оборудования. Количество заданий по курсу достигает нескольких сотен и более, что свидетельствует о большой трудоемкости процесса создания тестов, а его функциональность может быть ограничена производительностью современных сетевых многопроцессорных комплексов [5, с. 161].

Выделяют показатели качества знаний, на которые контроль оказывает наибольшее влияние: соответствие полученных результатов поставленным целям; мотивация обучаемых; познавательная активность; производительность использования сетевых тестирующих систем. Рассматривая влияние системы контроля на повышение качества знаний, умений и навыков отмечают ее непосредственное влияние на данный критерий.

Большинство информационно образовательных ресурсов, содержащих тестовые материалы, можно разделить на две категории: ориентированные на прохождение студентами тестов в письменной форме с дальнейшей их проверкой (бланочное тестирование); автоматизированные системы тестирования с соответствующими программными компонентами [6, с. 105]. Положительные качества

второй категории тестовых ресурсов очевидны. Именно в автоматизированных системах тестирования с сетевой архитектурой в наибольшей степени проявляются основные преимущества такого контроля знаний.

В инструментальном отношении тестирование является совокупностью последовательных педагогических действий, нацеленных на определение эффективности образовательной системы. Качественными характеристиками средств контроля являются: функциональное соответствие средств контроля дидактическим задачам, содержанию и избранным методам контроля в соответствии с требованиями стандарта и программы, потребностями и возможностями участников учебно-воспитательного процесса и эффективность сетевых компьютерных средств тестирования [7, с. 243].

Качественными характеристиками организации контроля являются: проведение и организация контрольных процедур в соответствии с требованиями программы и потребностями участников учебно-воспитательного процесса; реализация этих процедур в определенной психологически обстановке; вовлечение обучаемых в процесс проведения тестирующих процедур с целью формирования навыков самоконтроля; оптимальность и систематичность тестовых процедур; реализация этих процедур в определенной программно-аппаратной среде. Существует достаточное количество различных программ для тестирования, большую часть которых можно найти во «всемирной паутине». Однако некоторые из них являются узконаправленными программами, созданными для поведения тестирования только по одному предмету. Многие тестирующие программы страдают отсутствием наглядности, в них нельзя задавать сложные формулы и иллюстрации что связано с особенностями их информационного обеспечения [8, с. 13]. Некоторые недостатки обработки, анализа, интерпретации и выдачи результатов тестирования обусловлены особенностями архитектуры и методики расчета производительности в таких инфраструктурах.

В настоящее время наиболее распространены программы диагностики уровня подготовки студентов в виде тестов. Это самая легкая и простая форма программы, предполагающая следующую методику: вопрос – несколько вариантов ответа, один из которых правильный. Возможны вариации тестовых программ, когда каждому варианту ответа, в зависимости от степени его правильности или полноты присваивается весовой коэффициент, а конечная оценка выводится на основе анализа этих коэффициентов.

В связи с тем, что одной из основных задач контроля является развитие структур мышления, памяти, внимания, то применение автоматизированных многопроцессорных средств контроля, спроектированных или составленных в соответствии с основными принципами программного обеспечения таких систем [9, с. 13], будет способствовать переходу тестируемых на следующий уровень компетентности.

Оптимально разработанные тесты должны соответствовать не только предмету обучения, но и его задачам: готовится спецификация теста, в которой указываются тестируемые области, задачи обучения и тестирования, связи данного теста с другими и особенности каждой темы.

Функциональность тестовых заданий тесно связана с методикой обучения и особенностями программного обеспечения – текст не только сообщает знания, но и развивает мышление обучаемого. Эта концепция проверяется сложно формализуемыми вопросами на сравнение, обобщение, доказательство. Содержание заданий раскрывает понимание фактов, их связей и обобщений с использованием соответствующего программного обеспечения. Используется следующая последовательность возрастания сложности заданий: воспроизведение фактического материала; раскрытие причинно-следственных, временных и других связей; систематизация знаний.

Система автоматизированного педагогического контроля позволяет не только констатировать достигнутый уровень компетентно-

сти, но и способствовать переходу обучаемых на следующий уровень: средства педагогического контроля проектируются на основе требований образовательного стандарта и программы обучения по предмету; средства контроля проектируются или составляются для нескольких уровней компетентности, при этом принимается во внимание возможность выбора заданий соответствующего уровня.

В качестве примера можно привести разработанную программную платформу VinEx, представляющую собой контролируемую систему, реализующую сетевую модель взаимодействия, работающую с базой ответов и вопросов [10, с. 60]. Они могут включать в себя графические изображения и аудиоинформацию, которые реализуются на многопроцессорных вычислительных системах. Результаты ответов анализируются в зависимости от заданной шкалы оценок, ответы проверяемого фиксируются, имеется возможность их просмотра. Опыт работы с данной контролирующей системой показал ее удобство, быстроту и эффективность оценки знаний, возможность работы в сетевой инфраструктуре учебного заведения [11, с. 7].

Список литературы

1. Бабешко В.Н., Набиуллина А.Р. Разработка средств компьютерного тестирования // *Инновационная наука*. 2015. № 11–2. С. 151–153.
2. Бабешко В.Н. Компьютерная оценка качества знаний // *Новая наука: Проблемы и перспективы*. Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. № 4–1. С. 3–5.
3. Бабешко В.Н., Набиуллина А.Р. Компьютерная диагностика уровня знаний // *Инновационная наука*. 2015. № 8-1 (8). С. 79–80.
4. Бабешко В.Н. Распределенные информационно-вычислительные системы в туманных вычислительных сетях // *Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСИТ-2014): мат-лы Всероссийской науч.-практ. конф.* Кемерово: КузГТУ, 2014. С. 327.
5. Бабешко В.Н., Бабешко С.В. Оценка производительности многопроцессорных вычислительных систем // *Современные инстру-*

ментальные системы, информационные технологии и инновации. 2014. С. 161–164.

6. Бабешко В.Н. Информационное обеспечение тестирования // Приоритетные научные исследования и разработки. 2016. С. 105–107.
7. Бабешко В.Н., Набиуллина А.Р. Автоматизированный контроль качества обучения // Инновационная наука. 2015. № 9 (9). С. 243–245.
8. Бабешко В.Н., Бабешко С.В. Информационные компоненты современных вычислительных комплексов // Молодежь и системная модернизация страны: материалы междунар. научной конф. студентов и молодых ученых в 2-х томах. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2016. С. 13–16.
9. Бабешко С.В., Бабешко В.Н. Программное обеспечение многопроцессорных систем // Новая наука: Современное состояние и пути развития. Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. № 4–3. С. 13–15.
10. Бабешко В.Н., Набиуллина А.Р. Технология тестового контроля уровня знаний // Инновационная наука. 2015. № 10–3. С. 60–62.
11. Бабешко В.Н. Средства автоматизированного контроля знаний // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. № 4–2 (75). С. 7–9.

References

1. Babeshko V.N., Nabiullina A.R. *Innovatsionnaya nauka*. 2015. № 11–2, pp. 151–153.
2. Babeshko V.N. *Novaya nauka: Problemy i perspektivy*. Sterlitamak: RITs AMI, 2016. № 4–1, pp. 3–5.
3. Babeshko V.N., Nabiullina A.R. *Innovatsionnaya nauka*. 2015. № 8-1 (8), pp. 79–80.
4. Babeshko V.N. *Informatsionno-telekommunikatsionnye sistemy i tekhnologii (ITSIT-2014): materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konf.* [Information and Telecommunication Systems and Technologies (ITSIT 2014): Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Kemerovo: KuzGTU, 2014. P. 327.

5. Babeshko V.N., Babeshko S.V. *Sovremennye instrumental'nye sistemy, informatsionnye tekhnologii i innovatsii* [Modern instrumented systems, information technology and innovation]. 2014, pp. 161–164.
6. Babeshko V.N. *Prioritetnye nauchnye issledovaniya i razrabotki* [Priority nye research and development]. 2016, pp. 105–107.
7. Babeshko V.N., Nabiullina A.R. *Innovatsionnaya nauka*. 2015. № 9 (9), pp. 243–245.
8. Babeshko V.N., Babeshko S.V. *Molodezh' i sistemnaya modernizatsiya strany: materialy mezhdunar. nauchnoy konf. studentov i molydykh uchenykh v 2-kh to-makh* [Youth and systemic modernization of the country: materials of the international scientific conference of students and young scientists]. Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2016, pp. 13–16.
9. Babeshko S.V., Babeshko V.N. *Novaya nauka: Sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya*. Sterlitamak: RITs AMI, 2016. № 4–3, pp. 13–15.
10. Babeshko V.N., Nabiullina A.R. *Innovatsionnaya nauka*. 2015. № 10–3, pp. 60–62.
11. Babeshko V.N. *Novaya nauka: Teoreticheskiy i prakticheskiy vzglyad*. Sterlitamak: RITs AMI, 2016. № 4–2 (75), pp. 7–9.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Бабешко Владимир Николаевич, к.т.н., доцент

*Новосибирский государственный университет экономики
и управления*

*ул. Каменская 52/1, г. Новосибирск, 630099, Российская Фе-
дерация*

vnb67@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Babeshko Vladimir Nikolaevich, Ph.D., Associate Professor

Novosibirsk State University of Economics and Management

52/1, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

vnb67@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-17-40

CORPORATE INNOVATION SYSTEM

Kukushkin S.N., Yankovskaya V.V.

This paper presents an enterprise in terms of the system analysis in interaction with the environment. A corporate innovation system is studied as part of the enterprise's organizational system, formed consciously by a willful decision of the management to implement effectively the enterprise's goals and objectives. The issue of financing of the innovative activity is studied independently.

Objective: Development of the concept model of the corporate innovation system.

Keywords: *enterprise as a system; corporate innovation system; properties and characteristics of a corporate innovation system; system mechanism.*

КОРПОРАТИВНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Кукушкин С.Н., Янковская В.В.

В статье рассматривается предприятие с точки зрения системного анализа во взаимодействии с окружающей средой. Исследуется корпоративная инновационная система как составная часть организационной системы компании, формируемая осознанно, волевым решением менеджмента для эффективной реализации целей и задач фирмы. Отдельно рассматривается вопрос финансирования инновационной деятельности.

Цель: разработка принципиальной модели корпоративной инновационной системы.

Ключевые слова: *предприятие как система; корпоративная инновационная система; свойства и характеристики корпоративной инновационной системы; механизм системы.*

An enterprise as a system was and is studied by many authors [1; 2]. This approach is a result of formation of cybernetics and systems analysis, based on which was formed an approach, known as the systemic paradigm of economic development [19]. In the analysis of the enterprise as a system, it is required to focus the objective and a subjective assessment. The objectivity is the presence of forces of mutual influence between the elements (components) of the system. They allow the system to reserve the configuration. Generally, the objectivity is based on the self-reproduction and self-preservation. The subjectivity is manifested in the following aspects: 1) the researcher himself determines the parameters, defining the system and 2) there is a significant difference between the identification and the description of the parameters of the system. The identification is the distinguishing of it from other similar objects for comparison. The description is the registration of the information about the system in an orderly manner.

The system concept of the enterprise implies a descriptive part (i.e. the way of performance of the enterprise) and regulatory (i.e. how should the enterprise perform).

In order to describe the enterprise as a system J. Kornai [18; p. 10, p. 154–161; 14, p. 118–120] identifies the following principles.

1. The integral system, interacting with other systems, including the system, the part of which it is (for example, industry, market, etc.).

2. The preferences, specific to relatively independent parts and elements of the system, “are mostly the products of the system itself” [18, p. 10].

3. The system is developed by virtue of its own evolution and in the view of adoption of special administrative decisions. In this re-

gard, “the researcher, ... should look for the explanation in history”, especially, in the history of development of this system. Given that, the attention should be “paid not only to the events or processes per se, but rather to a more permanent institutions in the framework of which these events and processes occur and which determine their course” [16, p. 118], mainly, to the “institutions appeared historically and developing evolutionary” [16, p. 120].

4. “All systems have their specific weaknesses or dysfunctions” [18, p. 161].

5. The qualitative and quantitative comparison of the properties of the system being analyzed with the relevant properties of other systems is the applicable the method of analysis.

Based on these principles, the following conclusions can be made:

- the enterprise is a multi-dimensional and multi-spatial system [see 17, p. 144–154];
- the links between the enterprise and its external environment are of a dual nature;
- the internal environment of the enterprise is sufficiently saturated, it contains the objects of different quality and the spaces, structured to varying degrees [20; 21]. Various theories offer us various options for the contents of the internal environment: 1) the neoclassical theory offers technologies; 2) the neoinstitutional offers contracts of different nature; 3) the evolutionary offers traditions and customs; 4) the managerial – the staff and managers interacting in the framework of the management system; 5) the cognitive – the knowledge and the mechanisms for its update; 6) the cultural – organizational (corporate) culture; 7) the political – the “power” centers within the enterprise etc.;
- the interaction of the enterprise with the environment is manifested through pressure and assistance. The pressure occurs when the external environment by means of the combinations of sanctions and incentives reduces the possibility of the enter-

prise, making it take certain decisions. The assistance¹, on the contrary, increases the possibilities by creation of the additional alternatives for a decision making;

- the purpose of the formation of the enterprise is expressed in independent terms. The systemic paradigm allows to overcome the limitations of traditional economic theory – the determined causality as a principle of explanation of the economic behavior. In this case the interaction is the basic form of the relationship between the objects, rather than the unidirectional causality [8; 9; 17, p. 159];
- the assertion that every system has its unique disadvantages, does not contradict to the desire of the enterprise to perfection. This principle emphasizes the multicriteriality of this task. The dysfunctions are not stable, the recognition of such indicates the unattainability of perfection by all criteria simultaneously. That system dysfunctions are the source of differences between the enterprises. A variety of enterprises, necessary for functioning of the market, is provided by dysfunctions that occur in the course of creation of the enterprise and the initial stages of its formation, as well as by direct and indirect influence of the factors of the external environment on it;
- the enterprise and the external stakeholders [12; 13; 14; 26]. The systemic paradigm implies the differentiation, classification and grouping of the persons interested in the performance of the enterprise. For example, the following groups may be distinguished: 1) non-strategic minority investors – the temporary shareholders; 2) the shareholders whose behavior can be regarded as a stable, permanent system, resulted in strategic decision making. In addition to the above, there are other ones (see [22; 27]).

¹ The assistance is considered by us as the conditions in which the enterprise operates, particularly, performs the innovative activity.

- the internalization and externalization. The internalization means the presence of temporary (episodic) subsystems and can be expressed, for example, in the general meeting of the shareholders. The externalization is the formation of the permanent subsystems, such as the product sales subsystem (marketing) [11].

Any enterprise theory is expressed in the development of a system of provisions based on a relatively small number of original assumptions. Provided that, the result depends on which provisions are admissible in this theory. The further study of the enterprise in terms of this theory depends on the kind of system-containing identification space where the enterprise was defined as a system. The neoclassics define the enterprise as a functional unit, converting the resources into products. According to the contract (neoinstitutional) theory of the firm, the enterprise is defined in the space as a system combining the assets, the employees, the managers and the owners, bound by certain contractual relationships. G.B. Kleiner [12] considers the following groups of factors, affecting the activities of the enterprise:

- macroeconomic: the exchange rates, the interest rates, etc.;
- nanoeconomic: the orientation of the behavior of the managers, the employment opportunities, etc.;
- a combination of the above mentioned factors;
- the inter-level factors.

The enterprise as a system has important quality property – the *integrity*, which is the irreducibility of its properties to the properties of the elements, and vice versa. At that two basic conditions should be followed:

- the availability of the independent elements;
- the interaction between these elements.

The enterprise is formed in the informal environment, the equilibrium of which is disturbed by occurrence of some ordered, resistant elements in it. In the course of formation some systems (subsystems) are formed in a natural way, for example, the communication system. Other ones are formed consciously, for example, various technical systems.

Unlike the enterprise the corporate innovation system is formed consciously by the willful decision of management. This is due to the fact that the innovative system is designed for the efficient implementation of the objectives of the enterprise.

Any enterprise can be represented as a system of objectives, which includes:

- the global objective – the survival. This objective can be measured by three indicators: the achievement of the objective, the effectiveness and the efficiency;
- the main objective – the maximum satisfaction of the customer;
- the organizational or strategic objectives. These objectives with respect to the first two objectives can be considered as operational.

The achievement of the objectives of the enterprise is possible as a result of creation and implementation of the innovations in the market.

Being an integral part of the organizational system of the enterprise, the corporate innovation system (subsystem) has a number of common proprieties:

- the system should be based on a material substance, once the materia in the modern sense includes the substance, the energy and the information, then the systems based on such substances, are crucial. There is a lot of serving, secondary systems, which in turn have the auxiliary formations of the class of systems providing a successful performance of these systems. This creates a hierarchy of systems, based on the principle of self-sufficiency;
- each system consists of a number of elements specific by the tasks to be solved, but their performance is subjected to the global objective of the system and constituting its purpose. Otherwise, the structure of the system is determined by the stated purpose, and the parts of the system taking no part in solving the main task are the rudiments and die historically;
- *the elements of the system must be linked together* in order to achieve a global objectives in the framework of the system, and

therefore should share substantially the materia, the energy, the information;

- the inherent propriety of the system is the *ability to evolve*, to adapt to new conditions through the creation of new links, elements with their local (private) links and means of their achievement.

At the same time the innovative system has a number of specific proprieties:

- it is an open system, i.e., it is influenced by its environment;
- it is a complex system, it consists of several hierarchical levels, types and subtypes of interacting subsystems;
- it is a socio-technical system. This feature applies only to the economic systems, and it is based on two principles: the social medium – the association of people who created this system, this system is for a human and a human contributes to its development; techno – the material objects of natural and artificial origin, which are exploited by a human in the course of creation, distribution and consumption of goods.

The innovative system has a number of internal and external properties:

- the interconnection of the system environment and the existence of the system itself. The environment is not only the backbone of the system, but any system is surrounded by the environment in the framework of which it lives and performs, the environment affects it and, in turn, the system has an impact on the environment. Often, the system is created only in order to change the properties of the environment;
- integrity. The internal unity, the principal irreducibility of the properties of the system to the sum of the properties of its constituent elements are recognized, i.e., the system has the proprieties “of the whole, conceivable as the plenty” [25]; Such a unity of the whole makes the formation a system and reduces

- the role of its elements to the provision of the performance of the whole;
- stability. Maintaining the stability is the inside objective of the system, as opposed to the outside one, characterizing the relationship with the environment. Consequently, the system should be organized so as to ensure its own survival, stability in a changing world and at the same time, the development, the evolution, the approach to some objective;
 - conservatism. It is characterized by the resistance to the attempts to transform the system, resistance to influence, including the controlling ones. On the other hand, the need for purposeful change, the movement toward the objective, perfection, requires the system to modify, configure and implement the control functions. It seems that this contradiction is typical for the systems of any complexity;
 - the implementation of the functional properties of the system is possible in the informational interaction between the elements and, consequently, the availability of not only communication channels but also their material completeness of the signals. Then of course the question on the methods of implementation of the informational entity arises, IE the question on the semantics and the semiotics. These system properties are appropriately called informationality;
 - complexity. The bulkiness of the description of the system, the need to involve the developed mathematical apparatus in the study of it, the multi-dimensional dynamics complete with the bifurcation points are the evidence of non-triviality of the system and are characteristic for the complex systems. However, even based on the objective perception of the study process, it is impossible to distinguish the simple and the complex system, and, therefore, it is impossible to give a definition of complexity, nor, moreover, to formulate the indicator of complexity. One

of the simplest approaches, for example, is that the complexity can be defined as the number of elements of the system and the links between the system and its environment, as well as the same within the system;

- hierarchy. Stratification in the construction of a system by a human or by nature was a natural reaction to the complexity of the system, namely, to the expansion of the number of its tasks and their inconsistency. This was reflected in the functional and structural differentiation, when the introduction of the principle of hierarchy allowed to obtain another degree of freedom to expand a system: it became possible to develop vertically a variety of equal systems due to the introduction of the principle of subordination.

The corporate innovation system refers to a set of business processes determining the control mechanism aimed at the most complete disclosure of potential of the enterprise, the development of the innovative products, processes and business models.

In our view, the objectives of the corporate innovation system are:

- the implementation and building of the potential of the enterprise;
- the increase in the market share of the enterprise on the market;
- the increase in the economic efficiency of the performance of the enterprise;
- the stimulation of the creative and innovative activity of the personnel.

The corporate innovation system, in our opinion, includes the following elements (Figure 1):

- Information – both internal and external information sources;
- Bank of ideas – the fund, accumulating, forming and distributing the innovative ideas;
- Promotion system;
- Innovation financing fund;

- The technical means providing a link between the participants of the innovation process and the distribution of the ideas.

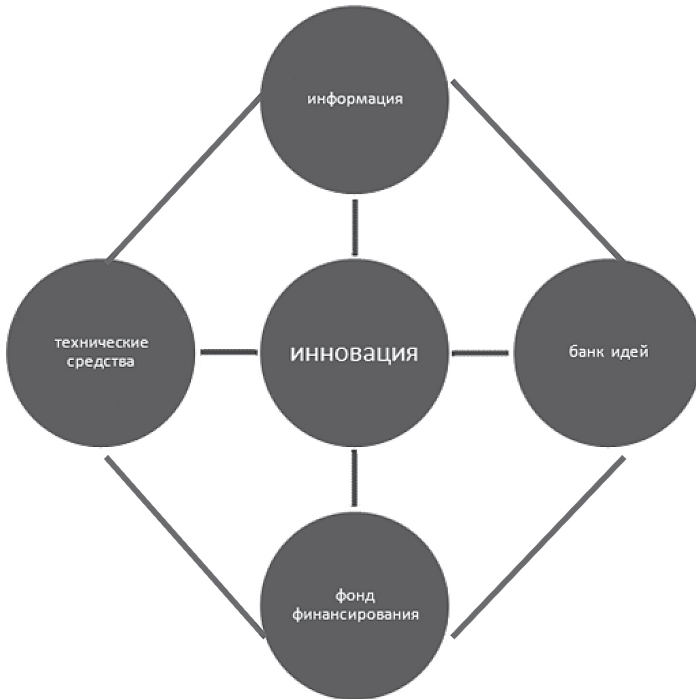


Fig. 1. Schematic model of a corporate innovation system

According to the results of the empirical research, one of the most important elements of the enterprise and the corporate innovation system is the organizational culture described more detailed in [3; 4; 5; 6].

The organizational culture allows to define the informal firm management procedures, eliminating the bureaucratic barriers and thereby reducing the obstacles to the distribution and introduction of the innovations. At the same time the organizational culture can motivate the activity of the staff of the enterprise and contribute to the implementation of the innovations [3; 4; 5; 6].

The model of the corporate innovation system can be represented as the function in the following form:

$$S = f(I, M, F) \rightarrow N,$$

where

S is the corporate innovation system;

I is the information, knowledge;

M is the incentives and the motivation of the innovation;

F is the financing of the innovation projects;

N is the innovation.

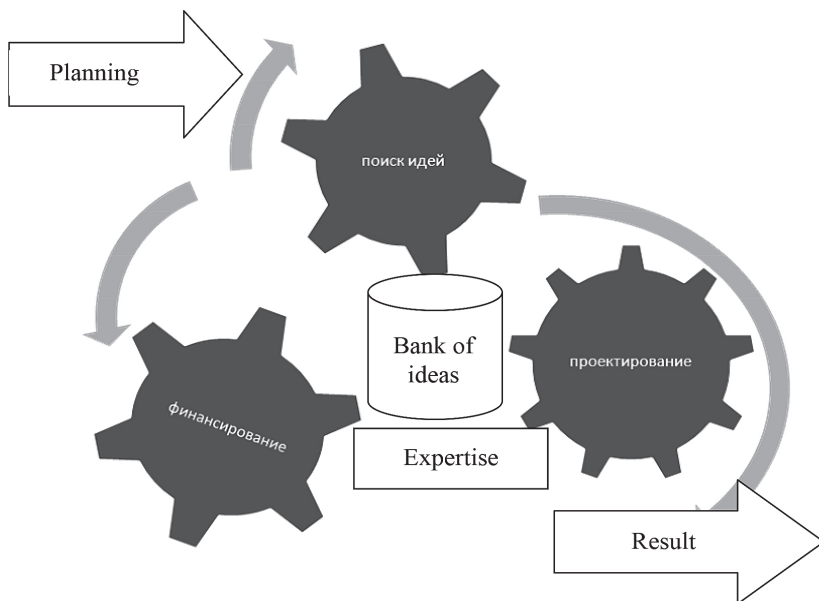


Fig. 2. Mechanics of the innovation process

In our view, the corporate innovation system mechanism can be described as a process model, including the following business processes (Figure 2):

- the planning of the innovative activity;
- the search for innovative ideas;

- the expertise of the innovative ideas;
- the design and implementation of the innovations;
- the communication in the innovation process;
- the marketing of the innovations;
- the financing of the innovative activity;
- the motivation of the innovative activity.

The planning of the innovative activities is performed in the strategic and medium-term, the innovative activity plans should be updated at least once a year.

The strategy developed determines the general direction of the activity of the enterprise and generates a demand for the necessary innovations: product, process, organizational and social. The strategic plan, being the policy document of the enterprise, defines the objectives for the medium-term period. In the medium term plan the budgets are formed for the implementation of the planned innovations: material, labor, financial and others.

The sources for the search for the ideas can be divided into internal and external ones.

The search for the innovative ideas in the external environment is based on an active benchmarking. These sources include:

- the study of the business literature, analytic and news Internet resources;
- the analysis of the experience of the competitors;
- the technological brokerage;
- the feedback from customers received directly through the sales representatives of the enterprise, the website of the enterprise and in other ways.

The *internal sources* are the staff of the enterprise [see 7, 21 for details]. The activation of the innovative activity of the staff can be conducted in the form of a enterprise-wide competition:

- General search competition. The objective – to search for the possible points of growth of the enterprise. In this case, the

problem should be formed as wide as possible to find as many options as possible;

- Specialized search. In this case, the restrictions and criteria for the most efficient solutions, based on availability of the resources and existing business processes are stipulated in advance.

All proposed ideas must necessarily take an objective *expertise*. In the course of expertise both qualitative and quantitative methods can be used. The choice of method is determined by practical necessity and the specific challenges faced by the enterprise.

Qualitative methods include: cost and benefit analysis, Delphi method, the theory of inventive problem solving. The expertise should be carried out in several stages, and only at the last stage the analysis of compliance of the innovations with the strategic and tactical problems solving should be performed. This approach would not miss the ideas that can be highly effective in the long term.

The use of the quantitative methods is based on a system of economic indicators: the sales volume growth, the increase in the added value, the material and labor costs saving, the payback period, the profitability etc.

The process of *implementation* of the innovative ideas in the operation activity is carried out through the implementation of the projects. For the implementation of the projects the enterprise must have a specialized unit dealing with development and design. But given that innovation projects are very different in nature, the enterprise must have a special Centre to coordinate the activities of all the project teams [see 10].

To improve the effectiveness of development and implementation of the projects, they should be classified not only by the type of innovation (subject / process, organizational and social), but also by the category. There may be several categories of the projects. The following may serve as the criteria for attribution to a particular category:

- the volume of funding and the design period;

- the complexity (for example, the ability to cover several business processes) or specialized (intended for a specific business process);
- the efficiency and payback period, etc.

The project life cycle should comprise the following stages:

- initiation, preparation, protection of the project idea and the method of motivation;
- approval of the request for proposal;
- formation of a group to carry out the pre-project stage and project development;
- approval of the proposal for pre-project funding;
- preparation of the business plan, the financial conclusion for the project, the approval of the order on inception of the project;
- project implementation;
- stage-by-stage control;
- evaluation of the final results, approval of the project manager report;
- approval of the order on termination of the project. Awarding of the participants according to the results of development and implementation of the project.

An important component of the corporate innovation system is the *communication* with the mandatory feedback. At the same time the communication of the enterprise should be kept from the unauthorized access (in any form) in order to protect the trade secrets and the interests of the enterprise. Modern communication in the innovation system must contain the following elements:

- the corporate bank of ideas. It is required at the stages of search and examination of the innovation. The employees of the enterprise should have free access to the bank of ideas. This will allow a free and open discussion of the ideas and their transformation;
- electronic document management. It is used at the stages of design and implementation of the innovations. The users are

the project team and the management. It serves as a source of knowledge about all the realized projects.

The challenges of the *marketing* in the innovation system are reduced to the promotion of the innovations. To oversee the development and implementation of the projects (project stages) the reports must be drawn up, stipulating the financial results and significance for the development of the activities of the enterprise and the enterprise itself. It is desirable for the project team to complete the article about the project for the in-house and / or external placement.

The financing of the innovative activity should have two components:

- financing of the strategic, long-term developments of importance for the future of the enterprise;
- financing of the tactical and operational developments, mainly, updates and improvements.

The financing of the strategic innovations by the enterprise can be performed either at their own expense or with the participation of the involved ones. The Own funds are formed at the expense of the part of the capitalized profit (the profit remaining at the disposal of the enterprise).

But the own funds may be sufficient for the design and development, but not sufficient for the implementation, development and market penetration. Therefore, the enterprise should attract the investors' funds, which can be formed from the following sources:

- additional contributions of the founders (major shareholders) of the enterprise;
- funds obtained due to the initial public offering – IPO.

The financial resources of the bank (loans) may be attracted only in the most extreme case.

Thus, the funds of the development fund of the enterprise should be divided into two parts:

- the investment fund – financing of the innovations requiring the funds not only for design and development, but also the funds for investments. The disbursement is long-term;

- the financial fund for the financing of the projects and developments requiring insignificant capital investment. The disbursement is performed within one fiscal year.

The main objective of the system of *motivation* of the project team and the innovators is the launch and the support of the mechanisms of the innovative and effective development of the enterprise given the active participation of its staff. The system of motivation should be built and adjusted based on the experience of the innovative activity of the enterprise itself, as well as other business organizations and rely on the resources for the management of the development of the enterprise. The motivational system should contain two subsystems [6]:

- material incentives (incentive fund);
- moral incentives.

The subsystem of material incentives is built on the basis of two components:

- the formula of motivation;
- the amount of incentives (remuneration).

The formula of motivation formula defines the relationship between the level of achievement of the degree of profitability of the project and the volume of funds allocated in the incentive fund. The volume of the material incentive fund indicates the amount of remuneration in terms of value and is included in the project budget. It must be paid in case of 100% (or close thereto) achievement of the project objectives. The development of the motivation formula must be commenced at the initial stages of the project (preparation and protection of the proposition). The final wording of it must be acquired in the project business plan. The remuneration of the participants of the project is determined individually, depending on the outcomes of the project and the degree of participation of each participant.

The incentive fund should be formed depending on the type of project. For projects with the determinable direct financial result the

fund is formed in proportion to the financial result. The volume of the fund should be based on the following criteria:

- the importance of the project for the enterprise;
- the complexity and novelty of the design solution;
- the complexity and history of the project.

For projects without direct financial result (or where it is difficult to determine) the volume of the incentive fund can be determined by an expert. The amount of the incentive is determined based on:

- the importance and complexity of the project;
- the labor intensity of the project;
- the opportunity cost of the design work, for example, by outsourcing.

Given that, the amount of remuneration for the projects without direct financial result shall not exceed the threshold for these types of projects established by the enterprise.

The incentive of the project team members is applicable for [see 10]:

- the idea;
- the participation in the development of the project;
- the results obtained.

The proportions of the remuneration should be established at the initial stages of development and should be adjusted in the development of the business plan.

In addition to the direct cash payments for the innovation and design activity, the project participants may receive other types of material incentives.

A constant monetary compensation, royalty, may be established for a definite proposal and may be in the form of:

- a percentage of sales volume within a specified period;
- a percentage of the financial result obtained for the sales or otherwise.

Also, the innovator may be rewarded for the idea with a stake, or with a position of the founder of the enterprise.

In addition to material incentive and motivation system should contain a subsystem of moral incentive. Moral incentive has more powerful effect.

The following may be used as the moral incentive:

- the awarding with the diploma, pennant, etc. for the results achieved;
- the best in the profession;
- the best innovator of the enterprise, etc.

The innovative activity is always associated with high risks. Therefore it is necessary to form a control system for the monitoring of the innovative projects. This system is independent of the corporate control system. Its main challenge is to predict the effectiveness and profitability² of the projects being developed and their results. The monitoring should be carried out in the following areas:

- the use of funds for the implementation of the project;
- the evaluation of the results of the project development stages;
- the assessment of the future profitability and business efficiency;
- the need for additional financing of the project;
- the assessment of the further development of the project or its termination.

Therefore, in planning and developing of the project schedule it is required to determine the “control points” for prediction of the future outcomes. The monitoring should be carried out by the top-managers of the enterprise, the involvement of the independent, external experts is possible in case of necessity.

Conclusion

The corporate innovation system is the targeted complex system. The main objective of the system is the sustainable development of the enterprise (firm). This system includes the following main elements:

² The term “profitability” is understood by the author as the possibility of making a profit in future periods.

the internal and external information; the bank of ideas; the incentive system; the innovation financing fund; the technical means. The interaction among the elements of the system is ensured by the following processes: the planning and marketing of the innovative activity; the search and expertise; the design and implementation; the communications; the financing; the motivation and the incentives.

References

1. Bir S. *Serdtshe predpriyatiya* [The heart of the enterprise]. Moscow: Radio and Communications, 1963.
2. Bir S. *Mozg firmy* [The brain of the enterprise]. Moscow: 1990.
3. Groshev I.V., Emelyanov P.V., Yuryev V.M. *Organizatsionnaya kul'tura* [Organizational Culture]. Moscow: Unity-Dana, 2004. 288 p.
4. Groshev I.V., Yuryev V.M. *Menedzhment organizatsionnoy kul'tury* [Management of the organizational culture]. Moscow: Moscow Psychological and Social University, 2010. 744 p.
5. Dolgoplova I.V. Kategoriya korporativnoy kul'tury v psikhologii upravleniya [The category of corporate culture in management psychology]. *Vestnik Permskogo universiteta. Filosofiya. Psikhologiya. Sotsiologiya* [Bulletin of Perm State University. Philosophy. Psychology. Sociology]. 2013. No. 4, pp. 144–148.
6. Dolzhenko R.A. Vozmozhnosti ucheta tipa organizatsionnoy kul'tury v sisteme stimulirovaniya personala [Opportunities of the according of the type of organizational culture in the system of incentives for the staff]. *Normirovanie i oplata truda v promyshlennosti* [Measurement and remuneration in the industry]. 2011. No. 7, pp. 32–39.
7. Dolzhenko R.A. Formirovanie strategii organizatsii s ispol'zovaniem kraudsorsinga [Formation of the organization's strategy, using the crowdsourcing]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya* [Problems of the theory and practice of management]. 2014. No. 4, pp. 125–129.
8. Evstigneeva L., Evstigneev R. Ot standartnoy ekonomicheskoy teorii k ekonomicheskoy sinergetike [From the standard economic theory to

- the economic synergetics]. *Voprosy ekonomiki* [Problems of economy]. 2001. No. 10.
9. Evstigneeva L.P., Evstigneev R.N. *Ekonomicheskiiy rost: liberal'naya al'ternativa* [Economic growth: the liberal alternative]. Moscow: Nauka, 2005.
 10. *Innovatsionnyy menedzhment v Rossii: voprosy strategicheskogo upravleniya i nauchno-tekhnicheskoy bezopasnosti* [Innovation management in Russia: the problems of strategic management and scientific and technical security] / coll. of auth. under the ausp. of V.L. Makarov, A.E. Varshavskiy. Moscow: Nauka, 2004. 800 p.
 11. Kiryanov I.V. *Transaktsionnye izderzhki, fenomen trgovogo doma i ekonomicheskaya organizatsiya* [Transaction costs, phenomenon of the trading house and the economic organization]. *Journal of Institutional Studies*. 2015. V. 7. No. 4, pp. 112–127.
 12. Kleiner G.B. *Mekhanizm prinyatiya strategicheskikh resheniy i strategicheskoe planirovanie na predpriyatiyakh* [The mechanism of strategic decision-making and strategic planning at the enterprises]. *Voprosy ekonomiki* [Problems of economy]. 1998. No. 9.
 13. Kleiner G.B. *Upravlenie korporativnymi predpriyatiyami v perekhodnoy ekonomike* [Corporate management in a transition economy]. *Voprosy ekonomiki* [Problems of economy]. 1999. No. 8.
 14. Kleiner G.B. *Ekonomika Rossii i krizis vzaimnykh ozhidaniy* [Russian Economy and the crisis of mutual expectations]. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'* [Social studies and the present times]. 1999. No. 1.
 15. Kleiner G.B. *Evolyutsiya i reformirovanie promyshlennykh predpriyatiy: 10 let spustya* [Evolution and reform of the industry: 10 Years after]. *Voprosy ekonomiki* [Problems of economy]. 2000. No. 5.
 16. Kleiner G.B. *Evolyutsiya institutsional'nykh system* [Evolution of the institutional systems]. Moscow: Nauka, 2004.
 17. Kleiner G.B. *Strategiya predpriyatiya* [Enterprise strategy]. Moscow: Publishing house "Delo" ANH, 2008.
 18. Kornai J. *Sistemnaya paradigmy* [Systemic paradigm]. Society and economy. 1999. No. 3–4.

19. Kornai J. Sistemnaya paradigm [Systemic paradigm] .*Voprosy ekonomiki* [Problems of economy]. 2002. No. 4.
20. Kotlyarov I.D. Vnutrennyaya i vneshnyaya sreda firmy: utochnenie ponyatiy [Internal and external environment of the enterprise: clarifying the concepts]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom* [Bulletin of the higher educational institutions. Series: Economics, finance, and operational management]. 2012. No. 1, pp. 56–61.
21. Kotlyarov I.D. Mesto vnutrennego kraudsorsinga v sisteme instrumentov personala dlya resheniya nerutinnykh zadach [Place of the internal crowdsourcing in personnel tool system to solve the non-routine problems]. *Menedzhment segodnya* [Management today]. 2016. No. 1, pp. 54–59.
22. Petrov M.A. Teoriya zainteresovannykh storon: puti prakticheskogo primeneniya [Stakeholder theory: the ways of practical application]. *Vestnik SPbGU. Seriya 8: Menedzhment* [Bulletin of St. Petersburg State University. Series 8: Management]. 2004. Vol. 2. No. 16, pp. 51–68.
23. Hodgson J. *Ekonomicheskaya teoriya i instituty* [Economic Theory and Institutions]. Moscow: Delo, 2003.
24. Sheresheva M.U. *Formy setevogo vzaimodeystviya kompaniy* [The forms of networking among the companies]. Moscow: Publ. House. Of the State Univ. The Higher School of Economics, 2010. 339 p.
25. Schrader U.A., Sharov A.A. *Sistemy i modeli* [Systems and models]. Moscow: Radio and Communications, 1982. 152 p.
26. Ellerman D. *Praktika i uroki privatizatsii: mezhdunarodnyy opyt. Narodnye nachinayut i ... Trud, i sobstvennost' v XXI veke* [Practice and lessons of privatization: international experience. People begin ... and. In the book Labor and property in the XXI century]. Moscow; Volgograd: Izdatel, 2002.
27. Freeman R.E. *Strategic management: A stakeholder approach* [Strategic management: A stakeholder approach]. Boston: Pitman, 1984.

Список литературы

1. Бир С. Сердце предприятия. М.: Радио и связь, 1963.
2. Бир С. Мозг фирмы. М.: 1990.
3. Грошев И.В., Емельянов П.В., Юрьев В.М. Организационная культура. М.: Юнити-Дана, 2004. 288 с.
4. Грошев И.В., Юрьев В.М. Менеджмент организационной культуры. М.: Московский психолого-социальный университет, 2010. 744 с.
5. Долгополова И. В. Категория корпоративной культуры в психологии управления // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2013. № 4. С. 144–148.
6. Долженко Р.А. Возможности учета типа организационной культуры в системе стимулирования персонала // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2011. № 7. С. 32–39.
7. Долженко Р.А. Формирование стратегии организации с использованием краудсорсинга // Проблемы теории и практики управления. 2014. №4. С. 125–129.
8. Евстигнеева Л., Евстигнеев Р. От стандартной экономической теории к экономической синергетике // Вопросы экономики. 2001. №10.
9. Евстигнеева Л.П., Евстигнеев Р.Н. Экономический рост: либеральная альтернатива. М.: Наука, 2005.
10. Инновационный менеджмент в России: вопросы стратегического управления и научно-технической безопасности / Руководители авт. коллектива В.Л. Макаров, А.Е. Варшавский. М.: Наука, 2004. 800 с.
11. Кирьянов И. В. Трансакционные издержки, феномен торгового дома и экономическая организация // Journal of Institutional Studies. 2015. Т. 7. № 4. С. 112–127.
12. Клейнер Г.Б. Механизм принятия стратегических решений и стратегическое планирование на предприятиях // Вопросы экономики. 1998. №9.

13. Клейнер Г.Б. Управление корпоративными предприятиями в переходной экономике // Вопросы экономики. 1999. № 8.
14. Клейнер Г.Б. Экономика России и кризис взаимных ожиданий // Общественные науки и современность. 1999. №1.
15. Клейнер Г.Б. Эволюция и реформирование промышленных предприятий: 10 лет спустя // Вопросы экономики. 2000. №5.
16. Клейнер Г.Б. Эволюция институциональных систем. М.: Наука, 2004.
17. Клейнер Г.Б. Стратегия предприятия. М.: Издательство «Дело» АНХ, 2008.
18. Корнаи Я. Системная парадигма // Общество и экономика. 1999. № 3–4.
19. Корнаи Я. Системная парадигма // Вопросы экономики. 2002. №4.
20. Котляров И. Д. Внутренняя и внешняя среда фирмы: уточнение понятий // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2012. № 1. С. 56–61.
21. Котляров И.Д. Место внутреннего краудсорсинга в системе инструментов персонала для решения нерутинных задач // Менеджмент сегодня. 2016. №1. С. 54–59.
22. Петров М. А. Теория заинтересованных сторон: пути практического применения // Вестник СПбГУ. Серия 8: Менеджмент. 2004. Вып. 2. № 16. С. 51–68.
23. Ходжсон Дж. Экономическая теория и институты. М.: Дело, 2003.
24. Шерешева М.Ю. Формы сетевого взаимодействия компаний. М.: Изд. Дом Гос. ун-та – Высшей школы экономики, 2010. 339 с.
25. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. М.: Радио и связь, 1982. 152 с.
26. Эллерман Д. Практика и уроки приватизации: международный опыт. Народные начинают и ... Труд, и собственность в XXI веке. М.; Волгоград: Издатель, 2002.

27. Freeman R.E. Strategic management: A stakeholder approach. Boston: Pitman, 1984.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Kukushkin Sergey Nikolaevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Industrial Economics
Plekhanov Russian University of Economics
36, Stremyanny lane, Moscow, 117997, Russian Federation
kykuchkin@mail.ru

Yankovskaya Veronica Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Theory of Management and Business Technologies
Plekhanov Russian University of Economics
36, Stremyanny lane, Moscow, 117997, Russian Federation
veronika28-2@mail.ru

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Кукушкин Сергей Николаевич, кандидат экономических наук, доцент
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Российская Федерация
kykuchkin@mail.ru

Янковская Вероника Владимировна, кандидат экономических наук, доцент
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова
Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Российская Федерация
veronika28-2@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-41-54

CONTROLLABLE MODEL OF MULTIMODAL TRANSPORTATION

Nikolaev A.B., Ivakhnenko A.A., Pashayev V.V., Tregubov P.G.

This article discusses the construction of multimodal transportation models based on controlled networks. The developed model is parameterized by statistical data on international motor transportation. It is proposed to implement cargo traffic models through mechanisms of controlled networks. At the same time the flow in the controlled network determines how the transportation of goods comes from the top of the graph (source) to another (drain) on its arcs.

Cargo movement around the selected graph arc is performed in accordance with the selected direction. Loads moved from the source to the drain are represented as the units of cargo.

Keywords: *Multimodal transportation; cargo traffics; controlled networks; graphs; statistical analysis; autocorrelation; spectral concentration.*

1. Introduction

At the present time, development of transport networks and corridors allows logistics system to choose the objects more dynamically, since they make up the transport network on a set of performance indicators in order to reduce transport costs [16].

The main objectives in this case are: the formation of more efficient routes of goods transportation on the transport network, taking into account the business constraints (objects schedule, bandwidth of facilities, the availability of facilities, integral characteristics of vehicles and motive power). Also, when choosing an effective transport

plans of multimodal transportation system you must take into account restrictions on the haul distances of logistics network [5, 9].

Therefore, for example, the work of the international logistics centers operator can be built on the following choice principles [3, 4]:

- information on all available terminals;
- site selection for cross-docking;
- rating for transportation in the multimodal transport system;
- selection of vehicle types to assess their availability zone and adequate load capacity;
- definition of the set of available routes;
- generalized criterion selection for evaluating the effectiveness of consolidation and deconsolidation;
- formation of the vehicles control methods;
- quantitative assessment of vehicles on the basis of the availability restrictions or fixed quotas;
- problem solution of building a load in a container based on the set of restrictions and rules;
- formation of stacking pattern in the form of tier;
- identification of the set of goods on their possible compatibility and incompatibility.

Failure of some or at least one element or object from the Automated Storage & Retrieval System (ASRS) for undetermined reasons can lead to the disruption of the supply chain in the logistics scheme of multimodal transportation [1, 2, 12]. As a result, such violations can potentially ruin the business relationships with the customer. Typically, the ASRS is very complex, so the role and characteristics of each object cannot be evaluated without the relevant models and further statistical analysis [7, 8].

In practice, in order to optimize the above factors you usually have to apply a variety of means to reduce the computational operations. Thus, the corresponding operations can be very cumbersome for large quantities of ASRS items or objects [6, 10].

2. Controlled network model

Models of cargo traffics are invited to implement through the mechanisms of controlled networks (CN) (Figure 1). The flux in the CN determines how the transportation of goods (in general, arbitrary objects) comes from the graph vertex (source) to another (drain) on its arcs [4, 5].

Cargo movement through the selected arc is performed in accordance with the selected direction.

Loads moved from the source to the drain are represented as the units of cargo traffic [7, 11, 14].

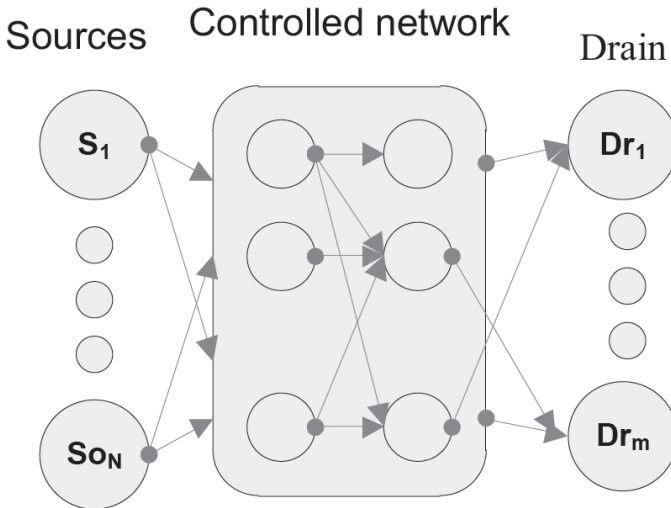


Fig. 1. Controlled network

The task of finding the maximum flow graph with any number of sources and drains was also reviewed. For this purpose, two additional peaks, the main sources and drains, are determined (Figure 2). In this case, the main source is connected to all the sources of the original CN s_1, s_2, \dots by arcs $(S, s_1), (S, s_2), \dots$. It is assumed that the capacity of the new arcs, linked to the main drain and source, has no restrictions.

Similarly, the original CN drains t_1, t_2, \dots are engaged with the main drain T . Thus, the arcs capacity $(t_1, T), (t_2, T), \dots$, is also considered unlimited.

Thus, the flow in the expanded graph from the main drain in the main flow actually corresponds to the flow in the original graph from the set of available sources in a set of drains.

It is also possible to show that the converse proposition is happened. The maximum flow value for the extended graph (Figure 2) corresponds to the maximum value of the flow in the original graph (Figure 1). As a result, the maximum flow search procedure for ordinary graph can also be used for the flow search in the extended graph [13].

Controlled network is a set of core network and its partial finite set of subnets. Partial subnet is obtained by exclusion of several arcs of the core network. The configuration of the controlled network is the same partial subnet of the core network.

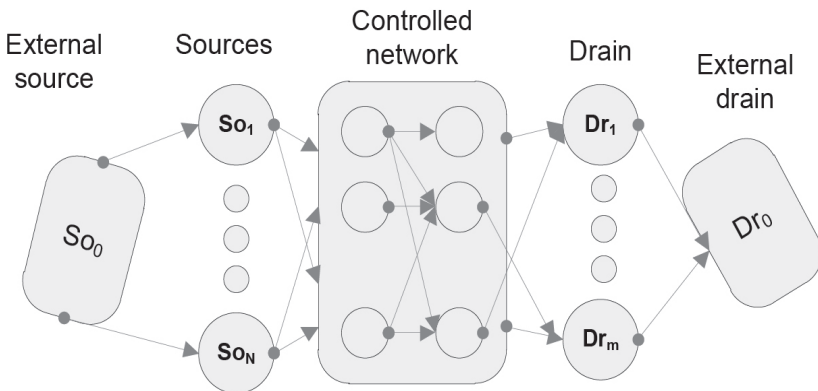


Fig. 2. Graph with multiple sources and drains

It is assumed that the flow passes through the controlled network. This control is realized by selecting the current topology or network configurations.

In order to determine the selection rules of the network configuration the vector control is used

$$\mathbf{u} = [u_1 \dots u_M]^T, \mathbf{u} \in \mathbf{U} = \mathbf{U}_1 \times \mathbf{U}_2 \times \mathbf{U}_M, \quad (1)$$

where $u_i \in \mathbf{U}_i = \{0, 1, \dots, u_i^+\}$, $u_i^+ \in \mathbf{Z}_+$, $i = \overline{1, M}$, \mathbf{Z}_+ – set of positive whole numbers.

Each arc of the core network is associated with some component of the control vector.

Under certain values the components of the control vector and coupled arc with it are excluded from the core network topology that defines one of the possible configurations of CN. One of the control vector components can be engaged with a set of CN arcs. Finite set of values is defined by basic CN for each arc, the control vector arc-linked component may receive them and wherein the selected arc is not excluded from the core network.

3. A formal description of controlled network cargo traffics

For the formation of the control procedures in the transport and logistics network based on the CN, the graph structure of the core network is described by an adjacency matrix

$$\mathbf{A} = [a_{ij}], a_{ij} \in \{0, 1\}, i, j = \overline{1, L}, \quad (2)$$

where L – the number of core network nodes.

To formalize the communication elements of the control vector $\mathbf{u} = [u_1 \dots u_M]^T$ with the graph structure (i.e., arcs) of core network the control matrix is used

$$\mathbf{C} = [c_{ij}], c_{ij} \in \{0, 1, 2, \dots, M\}, i, j = \overline{1, L}, \quad (3)$$

where c_{ij} – serial number of the control vector component, that is associated with the core network entity or arc, outgoing from the i -node to the j -node. In the absence of arcs between nodes i and j , value will be $c_{ij} = 0$, if $a_{ij} = 0$, $i, j = \overline{1, L}$.

Control vector component takes a set of values, for the formalization of which the matrix of permitted phases is used

$$\mathbf{F} = [F_{ij}], F_{ij} \subseteq U_{c_{ij}}, i, j = \overline{1, L}, \quad (4)$$

where F_{ij} – component of the matrix \mathbf{F} is the set of values taken by the corresponding component $u_{c_{ij}}$ of the vector control $\mathbf{u} = [u_1 \dots u_M]^T$ for the core network arcs from i to j , which remain in the core network graph. Therefore $F_{ij} = \emptyset$, when $a_{ij} = 0, i, j = \overline{1, L}$.

For formalized task of decreasing procedure the value of the flux vector elements (for example, for $i, 1 \leq i \leq L$) you should reduce the values of the components of the total throughput capacity of the arcs that originate from the node i , for the defined CN configuration.

If the value of the element x_i is currently less than the total capacity of all output from the selected node arcs, then on the basis of the usual arithmetic subtraction you can obtain values less than zero components.

Let the controlled network be a basic graph shown in Figure 3.

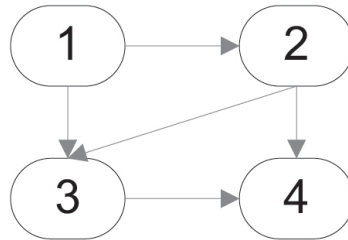


Fig. 3. Basic graph of the controlled network

Controlled network has four nodes, $L = 4$, of those the node 1 is source and node 4 is drain.

As a result of the statistical parameterization necessary matrices were found. The set of controlled network configurations are shown in Figure 4.

Let's consider nine control strokes, $k = \overline{1, 9}$. On each stroke we choose an arbitrary value of the control vector $\mathbf{u} = [u_1 u_2]^T$.

The amount of flow is defined for continuous distribution matrix \mathbf{D} . The simulation results are represented in Table. 1.

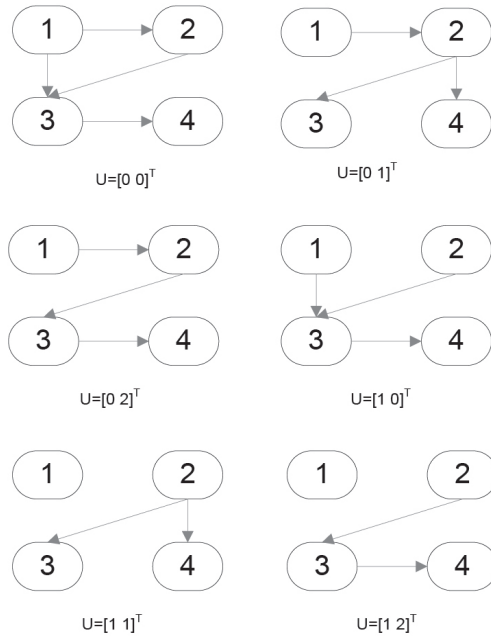


Fig. 4. Set of controlled network configurations

Table 1.

Simulation Results

k	$[u_1\ u_2]^T$	$[x_1\ x_2\ x_3\ x_4]^T$
0	-	$[1000\ 0\ 0\ 0]^T$
1	$[0\ 0]^T$	$[973\ 12\ 15\ 0]^T$
2	$[0\ 1]^T$	$[961\ 12\ 21\ 6]^T$
3	$[0\ 1]^T$	$[949\ 12\ 27\ 12]^T$
4	$[1\ 1]^T$	$[949\ 0\ 33\ 18]^T$
5	$[1\ 2]^T$	$[949\ 0\ 21\ 30]^T$
6	$[1\ 2]^T$	$[949\ 0\ 9\ 42]^T$
7	$[0\ 2]^T$	$[937\ 12\ 0\ 51]^T$
8	$[1\ 0]^T$	$[922\ 6\ 21\ 51]^T$
9	$[1\ 1]^T$	$[922\ 0\ 24\ 54]^T$

In the table on the zero stroke, $k = 0$, the third column gives the initial value of the flow vector, $\mathbf{x}(0) = [1000\ 0\ 0\ 0]^T$.

4. The parameterization of flows and its forecast

For the above model of flows, the time series can be decomposed into two components – the deterministic and random $y_t=f(t)+e_t$. As a result of the conducted correlated data analysis ASMAP, a significant relationship between the cargo traffics (Table 2), which can be used to improve the quality of forecasts and therefore the choice of routing schemes, is showed [45, 106].

Table 2.

Correlation table

Correlations (ТриПоста.sta) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=365 (Casewise deletion of missing data)					
Variable	Means	Std.Dev.	V37	V39	V40
V37	321,0384	96,59291	1,000000	0,791354	0,600779
V39	47,1041	19,10426	0,791354	1,000000	0,595289
V40	71,0438	27,33961	0,600779	0,595289	1,000000

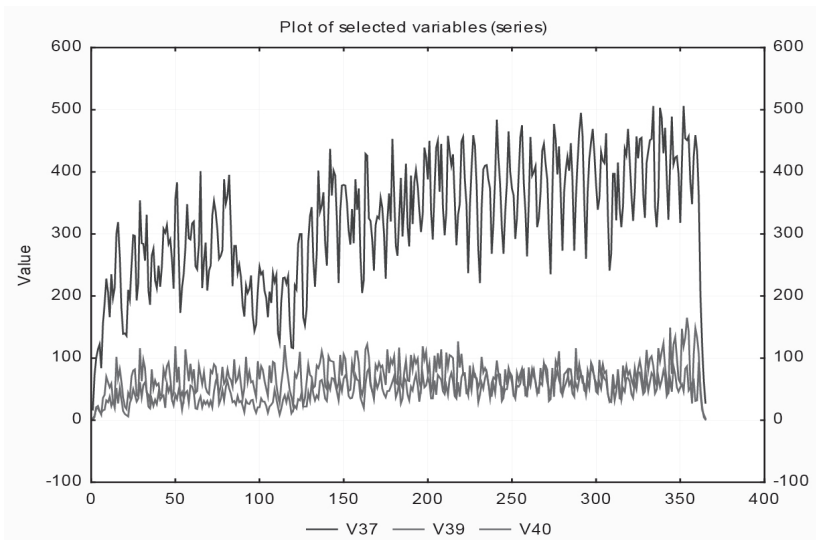


Fig. 5. Time series of transportation volumes

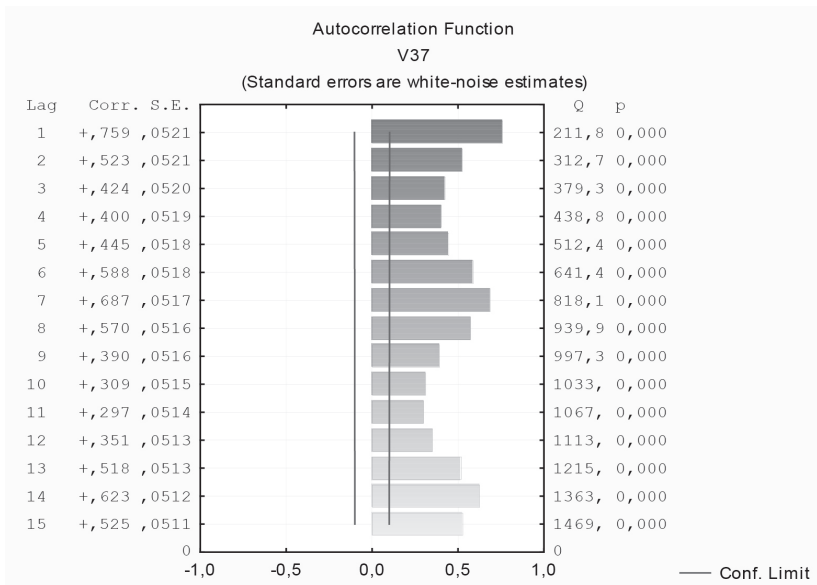
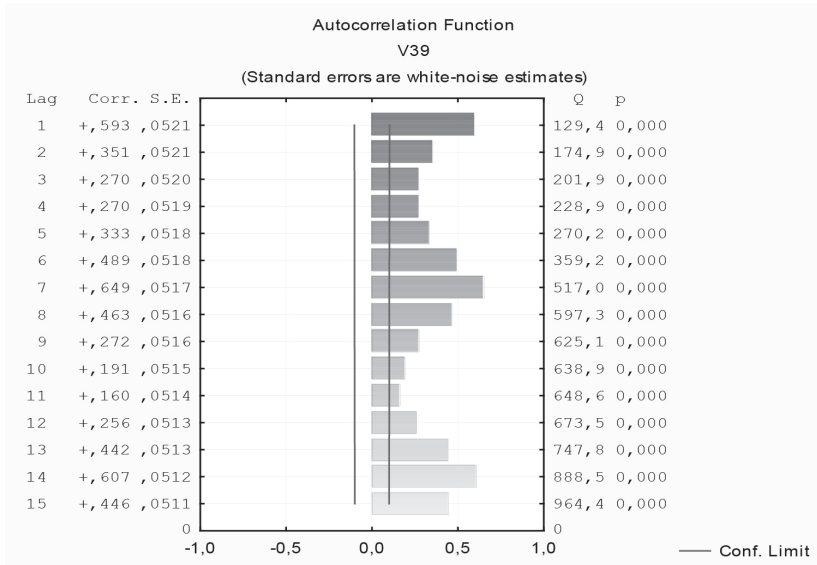


Fig. 6. The autocorrelation functions of cargo traffics

The analysis was conducted for cargo traffics on imports from Europe in three checkpoints. The corresponding graphs are shown in Figure 5.

It should be noted that the autocorrelation functions of flows through point 37 and 39 (Figure 6) have a sufficiently large value, which means the considerable stream inertia.

For a more adequate model of cargo traffic forecast during the work it is proposed to use spectral analysis, which makes it possible to assess the seasonality of the time series [15].

As graphic form of the results visualization the following periodogram is used: $P_k = \sin(K)_k^2 + \cos(K)_k^2 * N/2$, where P_k – the periodogram values obtained at the frequency v_k , and N – the total duration of the time series. These values can be interpreted as a variation of the data at a given frequency. When visualizing the periodogram it can be displayed depending on the periods or frequencies.

Constructed periodogram of analysed series of cargo traffics gave quite interesting results.

Thus, for cargo traffic through the point 39 there are three distinct components of seasonality (Figure 7).

The highest amplitude value corresponds to the period of 7 days (week). Similar results were obtained for cargo traffic through the point 37.

However, in this flow two frequencies prevail, namely 7 days, which corresponds to the periodogram value 0.15, and the frequency corresponding to half weeks is added. There are three prevailing frequency of 7 days, 3.5 days and 2.33 days for cargo traffics. Similar results were obtained for traffic through the point 37. However, in this flow two frequencies prevail, namely 7 days, which corresponds to 0.15 periodogram. To solve the problem of forecasting cargo traffics as the base model the usage of time series model is proposed: $X_t = b + e_t$, where b – constant and e (epsilon) – random error. Moreover, the decreasing weight is set in the exponential smoothing

method for more distant observations under exponential law. Unlike the moving average all the values of the time series are taken into account.

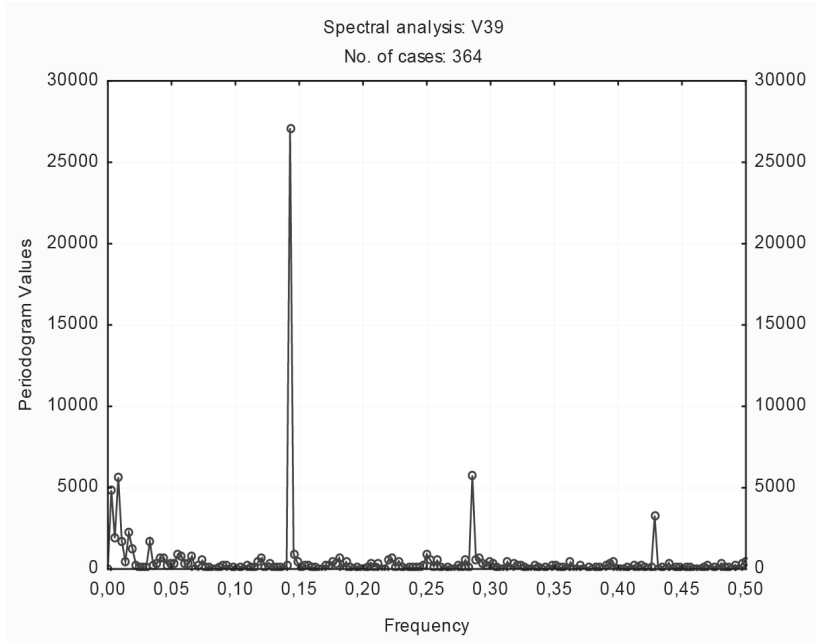


Fig. 7. Cargo traffic periodogram through the 39 point

5. Conclusion

It is proposed to implement the cargo traffics simulation through the theory of controlled networks, in which the flow determines how the transfer of some objects will come from one vertex to another on its arcs. The main elements of the network are the source and the drain, which characterize the points of sending and receiving of goods. Control, bandwidth and distribution matrices, which are aimed at a formal problem solution of cargo traffic maximizing, were formed. The process modelling problem of cargo consolidation, which allows

us to estimate the numerical characteristics of random variables determining cargo traffics, was set and solved.

One of the objectives is to convert the input streams of small volume, which come from shippers on the vans to the output streams, representing the volume of the container as the goods accumulation belonging to the same recipient.

References

1. Elova I.A., Lebedeva I.A. The integrated logistics systems of delivery of resources: (the theory, methodology, the organization). Minsk: Right and economy, 2011. 460 p.
2. Ivanov D.A. Management of chains of deliveries. St. Petersburg: Publishing house of Polytechnical university, 2010. 659 p.
3. Mirotin L.B., Gudkova V.A., Zyryanov V.V., etc. Management of cargo streams in transport and logistics systems. Under the editorship of L.B. Mirotin. M.: Hot line-Telecom, 2010. 704 p. (Engineering Logistics series).
4. Mirotin L.B., Nekrasov A.G., Gudkova V.A., etc. Increase of efficiency of freight transportation on the basis of creation of steady transport and logistic system of modular type for high-speed processing and cargo delivery: monograph. Under a general edition of L.B. Mirotin and A.G. Nekrasov. M.: Tekhpoligrftsentr, 2013. 232 p. (Engineering Logistics series).
5. Nekrasov A.G., Belyaev V.M., Mirotin L.B., Pokrovsky A.K. Management of processes in transport logistic systems: studies. Grant. Under a general edition of A.G. Nekrasov; MADI. M, 2011. 127 p.
6. Sterligova A.N. Stockpile management in chains of deliveries Moscow: INFRA-M, 2009. 428 p.
7. Tregubov P.G., Prikhodko V.M., Satyshev S.N., Lazarenko A.V. A technique of forecasting of volumes of the international automobile transportation of goods on the main components//the Motor transportation enterprise. 2014. №7.

8. Tregubov P.G., Prikhodko V.M., Satyshev S.N. Modeling of intermodal transportation of goods on the basis of the operated networks// the MADI Bulletin. 2014. №3(38).
9. Tregubov P.G., Satyshev S. N. Modular approach to formation integrated transport and logistic//Logistic methods of management of the motor transportation enterprise: digest treatise MADI. M, 2012, pp. 20–27.
10. Tregubov P.G. About the concept of creation of transport system of high-speed cargo delivery by passenger flights on the basis of the Moscow air hub//Automation and management in technical systems. 2014. No. 3(1). <http://elibrary.ru/item.asp?id=20344649>.
11. Tregubov P.G. The organization of the movement of cars tractors with replaceable trailers and semi-trailers//Models and methods of management of processes on transport, in the industry and education: digest treatise MADI. M, 2013, pp. 57–64.
12. Tregubov P.G., Satyshev S.N. Basic principles of formation of micrologistic control systems of the motor transportation enterprise//Logistic methods of management of the motor transportation enterprise: digest treatise MADI. M, 2012, pp. 14–19.
13. Tregubov P.G., Mirotin L.B., Nekrasov A.G., Stepanov P.V. Increase of efficiency of freight transportation on the basis of creation of steady transport and logistic system of modular type for high-speed processing and cargo delivery//the MADI Bulletin. 2013. No. 3(34), pp. 61–65.
14. Tregubov P.G., Nikolaev A.B., Prikhodko V.M., Stroganov V.U. Tools of production and logistics support life cycle of high-tech products // Life Science Journal. 2014. №8.
15. Tregubov P.G. Statistics of transportation of goods on the motor transport//Model and methods of management of processes on transport, in the industry and education: digest treatise MADI. M, 2013, pp. 5–11.
16. Troyanov A.E. Development of strategy of reengineering of the motor transportation enterprise on the basis of the logistic principles. M.: Prosoft-M, 2003. 412 p.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Nikolaev Andrey Borisovich, Laureate of the Government Prize of the Russian Federation, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Dr.Sci.Tech., Professor, Head of the Department

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

64, Leningradsky prospekt, 64, Moscow, 125319, Russian Federation

nikolaev.madi@mail.ru

Ivakhnenko Andrey Andreevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

64, Leningradsky prospekt, 64, Moscow, 125319, Russian Federation

jointlab@mail.ru

Pashayev Valid Vakhaevich, Assistant

Grozny State Oil Technical University

100, Ordzhonikidze Str., Grozny, Chechen Republic, 364051, Russian Federation

ranas@rambler.ru

Tregubov Pavel Gennadyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

64, Leningradsky prospekt, 64, Moscow, 125319, Russian Federation

tpashok@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-55-66

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Осипов А.Л., Трушина В.П., Чентаева Е.А.

Рассматриваются основные статистические методы, которые используются при проведении генетического анализа признаков человека. Исследованы методы сегрегационного анализа, анализа сцепления и аллельных ассоциаций. Разработано программное обеспечение для реализации этих методов.

Ключевые слова: сцепление; ассоциация; принятие решений; статистические методы; программирование; картирование; выборка; анализ.

COMPUTER METHODS OF GENETIC ANALYSIS

Osipov A.L., Trushina V.P., Chentaeva E.A.

The basic statistical methods used in conducting the genetic analysis of human traits. We studied by segregation analysis, linkage analysis and allelic associations. Developed software for the implementation of these methods support.

Keywords: clutch; association; decision making; statistical methods; programming; mapping; sampling; analysis.

Генетический анализ — это область генетики, занимающаяся выяснением механизмов генетической детерминации различных признаков. В рамках этого раздела решаются вопросы о том, сколько и, каких генов участвует в обеспечении полиморфизма

признака, где они локализованы, как функционируют, взаимодействуют ли друг с другом, модифицируются ли внешними факторами и др. [2, с. 6]. Одним из важнейших этапов генетического анализа является картирование генов, которое позволяет получать информацию о позиции гена и оказывать огромное влияние на понимание механизма зарождения и развития многих болезней.

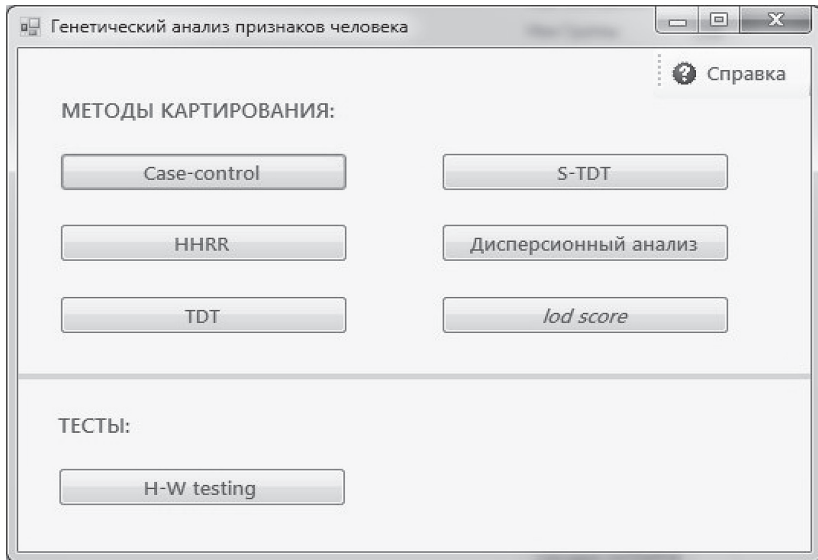


Рис. 1. Главная форма приложения

Целью работы является разработка программного обеспечения для генетического анализа признаков человека с помощью статистических методов анализа сцепления и ассоциаций. Основная идея картирования с помощью анализа ассоциаций заключается в следующем. Если у большинства больных в популяции мутантный аллель имеет общее происхождение, окружающие маркеры находятся с ним в неравновесии по сцеплению. Для локализации гена, контролирующего болезнь, надо найти такой маркер, один из аллелей которого преобладает у больных [3, с. 381]. С помо-

щью анализа ассоциаций можно картировать как простые бинарные, так и количественные признаки. Материалом для анализа могут служить случайные выборки из популяции, независимые группы больных и здоровых людей или выборки родственных особей [1, с. 34]. Многообразии дизайнов эксперимента привело к созданию большого количества статистических методов анализа, соответствующих типу признака, числу и типу маркеров, структуре выборки. В разрабатываемом программном приложении имеется одна главная форма, представленная на рис. 1.

Рассмотрим работу приложения на примерах с использованием реальных данных. Пусть маркерный локус представлен тремя аллелями, распределение которых у больных и здоровых показано в таблице 1.

Таблица 1.

Пример данных для метода Case-control

Аллели	Больные	Здоровые
1	104	75
2	86	33
3	56	104

На рис. 2 показана форма Case-control и расчет показателей:

Данные:

	Аллель	Больные	Здоровые	Всего
▶	1	104	75	179
	2	86	33	119
	3	56	104	160
*	Всего	246	212	458

Критерий: Хи-квадрат

χ² = 40.4

Рис. 2. Форма Case-control

Результат теста, полученный с помощью метода case-control при расчете критерия хи-квадрат, показан на рис. 3:

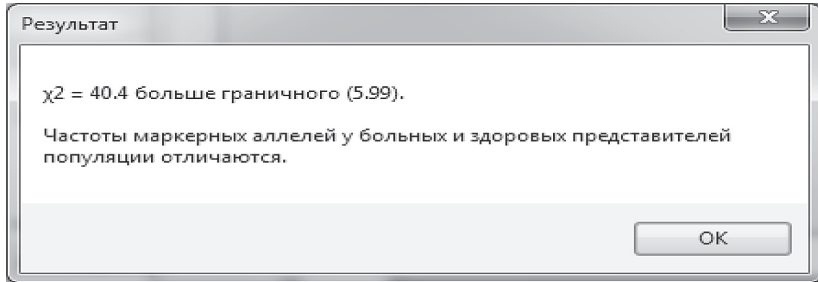


Рис. 3. Результат теста с помощью метода case-control

Рассмотрим еще один пример. Пусть в группу больных попали 28 человек с генотипом ММ, 48 – с генотипом Мм и 19 человек с генотипом мм. В группе здоровых 29 человек с генотипом ММ, 17 – с генотипом Мм и 8 человек с генотипом мм. Из этих данных легко получить распределение аллелей маркерного локуса среди больных и здоровых людей, которое и заносится в таблицу на форме Case-control. Произведем расчет критерия Odds Ratio, выбрав его из списка справа, от таблицы. На рис. 4 показана форма Case-control после ввода данных контрольного примера и расчета показателей.

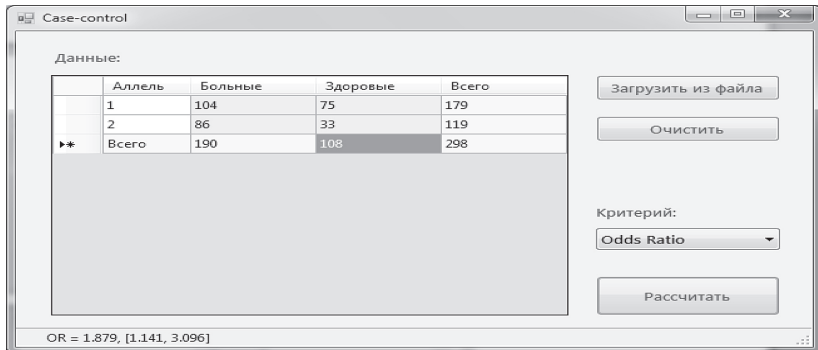


Рис. 4. Форма Case-control после ввода данных

Результат теста, полученный с помощью метода case-control при расчете критерия Odds Ratio, показан на рис. 5:

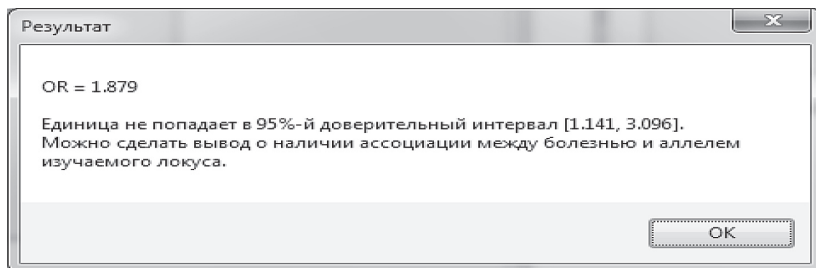


Рис. 5. Результат теста с помощью метода case-control при расчете OR

В качестве примера для метода NHRR рассмотрим выборку, состоящую из 100 больных детей и их родителей, и сформируем таблицу, характеризующую трансмиссию аллелей, данные которой приведены в таблице 2:

Таблица 2.

Пример данных для метода NHRR

Переданные аллели	Непереданные аллели	
	аллель 1	аллель 2
Аллель M	93	31
Аллель m	63	13

Значения, приведенные в этой таблице, используем для вычисления критерия NHRR. На рис. 6 показана форма NHRR после ввода данных:

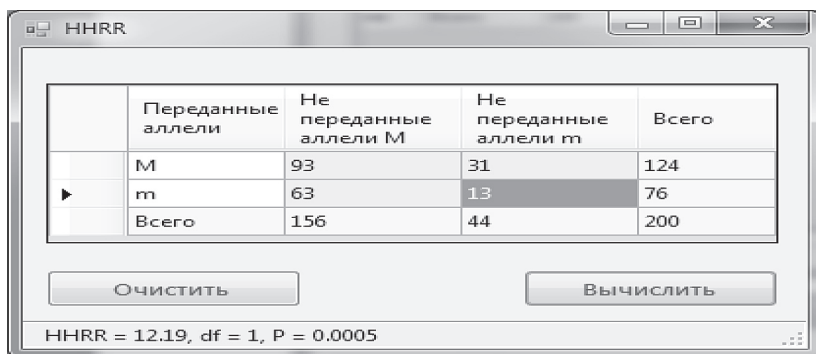


Рис. 6. Форма NHRR после ввода данных

Результат теста с помощью метода HHRR показан на рис. 7:

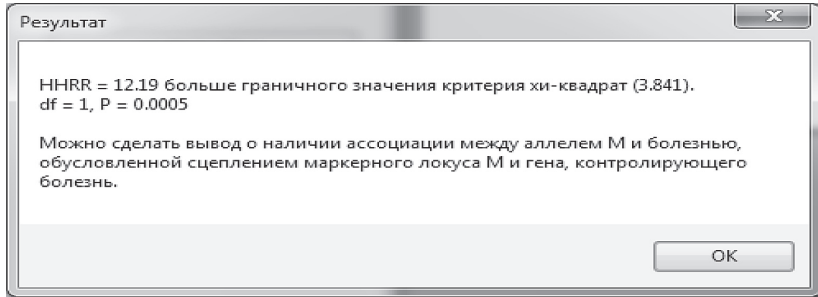


Рис. 7. Результат теста с помощью метода HHRR

В качестве данных для примера тестирования с помощью метода TDT рассмотрим значения, приведенные выше в таблице 2. На рис. 8 показана форма TDT после ввода данных.

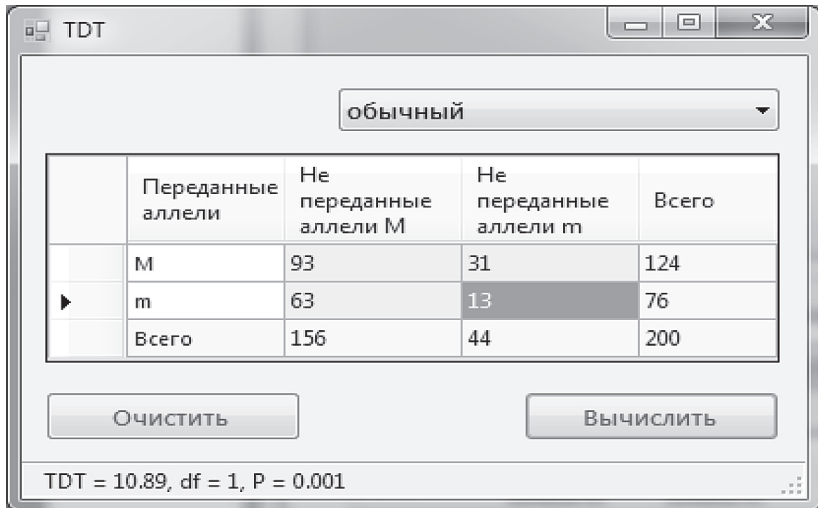


Рис. 8. Форма TDT после ввода данных

Результат теста, полученный с помощью метода TDT при расчете обычного критерия, показан на рис. 9:

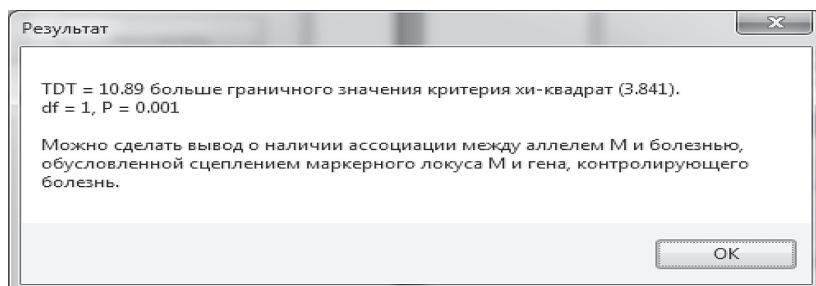


Рис. 9. Результат теста с помощью метода TDT

На рис. 10 показана форма TDT после ввода данных и расчета критерия TDT, основанного на отношении правдоподобия.

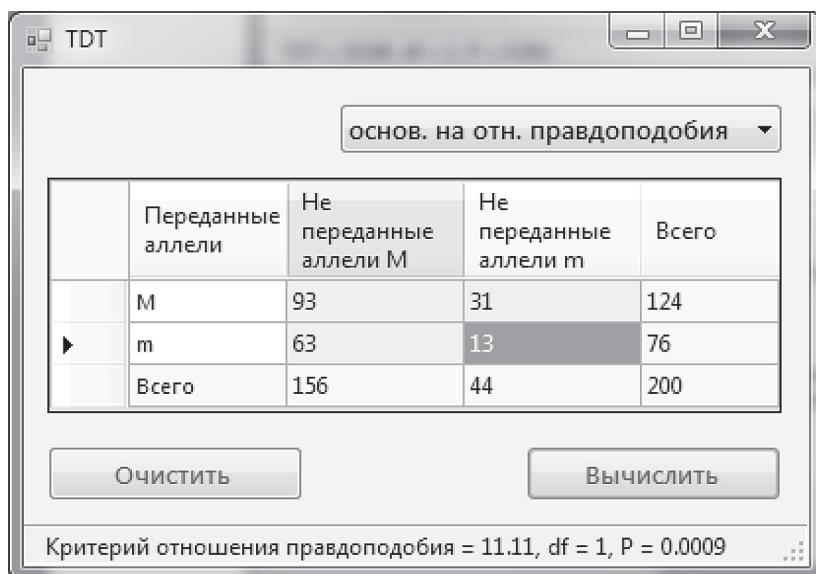


Рис. 10. Форма TDT после ввода данных

Результат теста, полученный с помощью метода TDT при расчете критерия, основанного на отношении правдоподобия, показан на рис. 11:

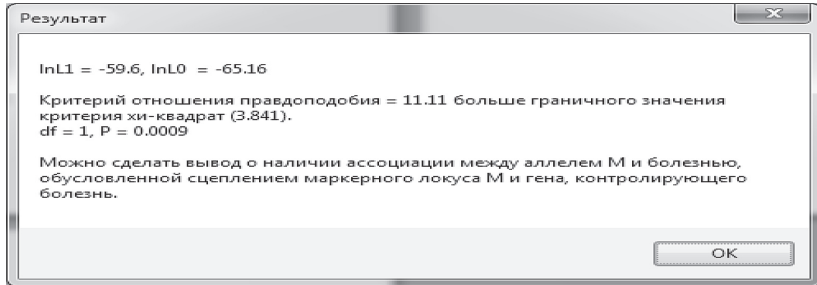


Рис. 11. Результат теста с помощью метода TDT при расчете критерия, основанного на отношении правдоподобия

В качестве примера возьмем выборку, состоящую из трех ядерных родословных, в которых не известны генотипы обоих родителей, но генотипировано по несколько потомков, среди которых встречаются как больные, так и здоровые. Эти данные были внесены в таблицу на форме S-TDT и выделены в ней розовым цветом. На рис. 12 показана форма S-TDT после ввода данных и расчета статистики.

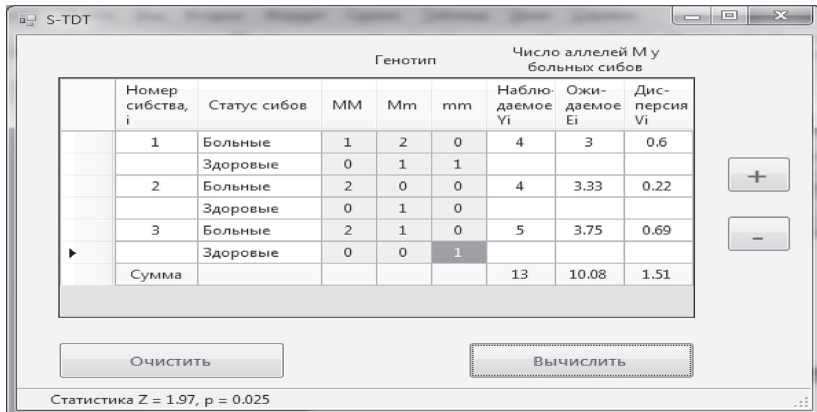


Рис. 12. Форма S-TDT после ввода данных и расчета статистики

Результат, полученный с помощью метода S-TDT, показан на рис. 13:

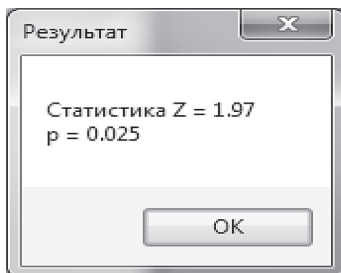


Рис. 13. Результат теста с помощью метода S-TDT

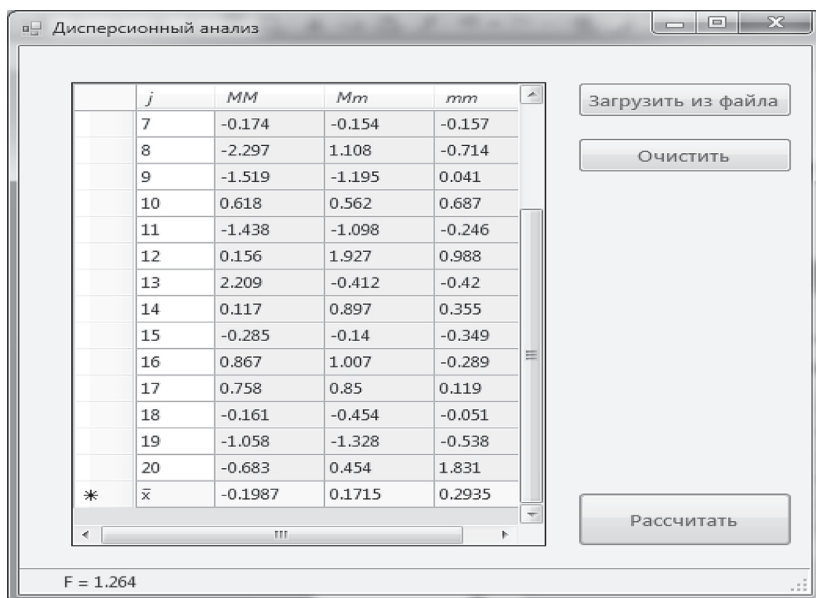


Рис. 14. Форма «Дисперсионный анализ» после ввода данных

Заполним таблицу на форме «Дисперсионный анализ» значениями количественного признака у особей с различными генотипами маркерного локуса.

На рис. 14 показана форма для ввода данных и анализа ассоциаций с помощью дисперсионного анализа после загрузки данных из файла и расчетов:

Результат дисперсионного анализа показан на рис. 15:

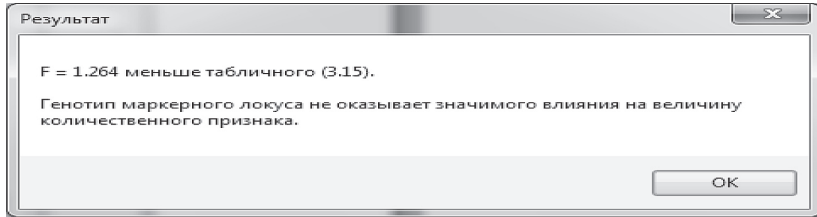


Рис. 15. Результат дисперсионного анализа

Для расчета равновесия Харди-Вайнберга возьмем выборку, состоящую из двухсот неродственных особей, которые были генотипизированы по десяти SNP маркерам. Результаты генотипирования представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Пример данных для расчета равновесия Харди-Вайнберга

Номер маркера	Наблюдаемые численности генотипов			
	N_{MM}^0	N_{Mm}^0	N_{mm}^0	N_{NA}
1	114	80	6	0
2	56	111	32	1
3	168	29	3	0
4	167	26	7	0
5	60	96	44	0
6	95	90	14	1
7	51	110	39	0
8	118	48	22	12
9	121	60	19	0
10	79	95	25	1

На рис. 16 показана форма для расчета равновесия Харди-Вайнберга после загрузки данных из файла:

На рис. 17 показана эта же форма после расчета статистики. Полужирным шрифтом и розовым цветом в последнем столбце выделены отличия на уровне значимости $p < 0.5$. Это говорит о том, что численности генотипов трех из десяти маркеров не соответствуют ожидаемым при равновесии Харди-Вайнберга, и указывает на присутствие ошибок. Для устранения этих ошибок проводят коррекцию данных с последующим тестированием.

Тест на равновесие Харди-Вайнберга

Номер маркера	q	Наблюдаемые численности генотипов				Ожидаемые численности генотипов				N	χ^2	P при df = 1
		NO(MM)	NO(Mm)	NO(mm)	N(NA)	NE(MM)	NE(Mm)	NE(mm)	N			
1		114	80	6	0							
2		56	111	32	1							
3		168	29	3	0							
4		167	26	7	0							
5		60	96	44	0							
6		95	90	14	1							
7		51	110	39	0							
8		118	48	22	12							

Загрузить из файла Очистить Вычислить

Рис. 16. Форма «Тест на равновесие Харди-Вайнберга» после загрузки данных из файла

Тест на равновесие Харди-Вайнберга

Номер маркера	q	Наблюдаемые численности генотипов				Ожидаемые численности генотипов				N	χ^2	P при df = 1
		NO(MM)	NO(Mm)	NO(mm)	N(NA)	NE(MM)	NE(Mm)	NE(mm)	N			
2	0.44	56	111	32	1	62.41	98.07	38.53	199	3.47	0.0625	
3	0.088	168	29	3	0	166.35	32.1	1.55	200	1.67	0.1963	
4	0.1	167	26	7	0	162	36	2	200	15.43	0.0001	
5	0.46	60	96	44	0	58.32	99.36	42.32	200	0.23	0.6315	
6	0.296	95	90	14	1	98.63	82.94	17.44	199	1.41	0.2351	
7	0.47	51	110	39	0	56.18	99.64	44.18	200	2.16	0.1416	
8	0.245	118	48	22	12	107.16	69.55	11.28	188	17.96	0	
9	0.245	121	60	19	0	114	73.99	12	200	7.16	0.0075	

Загрузить из файла Очистить Вычислить

Рис. 17. Форма «Тест на равновесие Харди-Вайнберга» после расчета статистики

Перечисленные выше методы, а также тест Хайди-Вайнберга, применяемый для контроля генотипирования случайной выборки особей из популяции, были реализованы в виде программного приложения для генетического анализа признаков человека на языке C# в среде Visual Studio 2012. Созданная программа будет полезна специалистам в области генетики, и поможет гораздо быстрее проводить генетические тесты.

Список литературы

1. Аксенович Т.И., Белоногова Н.М. Картирование генов с помощью неравновесия по сцеплению или аллельных ассоциаций: учебное

- пособие / Новосибирский государственный ун-т. Новосибирск, 2008. 98 с.
2. Аксенович Т.И. Статистические методы генетического анализа признаков человека: учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т Новосибирск, 2003. 160 с.
 3. Трушина В.П., Пятницев Д.В. Мобильное приложение для принятия решений с помощью методов анализа ассоциаций // В мире научных открытий. 2015. № 8.1 (68). С. 377–384.

References

1. Akseovich T.I., Belonogova N.M. *Kartirovanie genov s pomoshch'yu neravnovesiya po stsepleniyu ili allel'nykh assotsiatsiy* [Mapping genes using linkage disequilibrium or allelic association]. Novosibirsk, 2008. 98 p.
2. Akseovich T.I. *Statisticheskie metody geneticheskogo analiza priznakov cheloveka* [Statistical methods for the genetic analysis of human traits]. Novosibirsk, 2003. 160 p.
3. Trushina V.P., Pyatnitsev D.V. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015. № 8.1 (68), pp. 377–384.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Осипов А.Л., Трушина В.П., Чентаева Е.А.

Новосибирский государственный университет экономики и управления

ул. Каменская 52/1, г. Новосибирск, 630099, Российская Федерация

alosip@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Osipov A.L., Trushina V.P., Chentaeva E.A.

*Novosibirsk State University of Economics and Management
52/1, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 630099, Russian Federation
alosip@mail.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-67-78

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Осипов А.Л., Трушина В.П., Павлик И.О.

Изучаются модели прогнозирования концентрационных пределов с использованием нейросетевых технологий. Разработано программное обеспечение для реализации этих моделей. Показана эффективность работы системы на экспериментальном материале.

Ключевые слова: моделирование; нейронные сети; принятие решений; программирование; концентрационные пределы; выборка; структурная формула.

MODELLING OF CONCENTRATION LIMITS BASED ON NEURAL NETWORKS

Osipov A.L., Trushina V.P., Pavlik I.O.

We study the forecasting model with the concentration limits is-the use of neural network technology. The software for the implementation of these models. It is shown that the efficiency of the system in the experimental material.

Keywords: modeling; neural networks; decision-making; programming; concentration limits; sampling; structural formula.

Для проведения эффективных мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности, а также создания безопасных условий труда необходимо правильно и полно оценивать пожаровзрывоопасные и физико-химические свойства исследуемых соедине-

ний, таких как адиабатическая температура горения, температура вспышки, верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения и др. [4, с. 41]. Зачастую сведения по пожаровзрывоопасности новых или еще только синтезируемых химических веществах отсутствуют. В связи с тем, что экспериментальное определение показателей пожаровзрывоопасности сопряжено с трудоемкими исследованиями, в настоящее время единственным способом, который удовлетворяет возрастающую потребность в данных о пожаровзрывоопасности, являются расчетные методы, которые требуют эффективных математических моделей. Расчетные методы полезны как для прогнозной оценки пожаровзрывоопасности используемых веществ, так и на этапе проектных исследований из-за необходимости оценки влияния возможных колебаний составов реакционных смесей в химико-технологических процессах.

В последние несколько лет наблюдается большой интерес к нейронным сетям. Нейронные сети являются наиболее эффективным инструментом для задач прогнозирования, применяемому практически в любой ситуации, когда имеется связь между переменными-предикторами (входами) и прогнозируемыми переменными (выходами), даже если эта связь имеет очень сложную природу и ее трудно выразить в обычных терминах корреляций или различий между группами.

Концентрационный предел распространения пламени (КПР) – одно из значимых пожаровзрывоопасных свойств веществ, определение которого является необходимым действием при определении категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, при разработке мер по предотвращению пожаров и взрывов в технологическом оборудовании и т.д.

Концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) (КПВ) – минимальное/ максимальное содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой (окислителем), при котором возможно распространение пламени

по смеси на любое расстояние от источника зажигания. По максимальному и минимальному содержанию горючего в воздухе различают соответственно верхний концентрационный предел воспламенения (ВКПВ) и нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ). Между ними находится интервал (область воспламенения), характеризующий пожарную опасность газов, паров, пылей, жидкостей. Содержание горючего в воздухе (размерность КПП) может выражаться в % (по объему) или в г·м³ [1, с. 27].

Экспериментальный способ определения пожаровзрывоопасных свойств, в том числе и определение НКПВ, достаточно затратен и трудоемок [1, с. 35]. Намного эффективнее и удобнее является использование компьютерных программ, реализующие наиболее точные алгоритмы и математические модели расчета таких показателей [3, с. 89]. Разработка программных средств в целях предсказания пожаровзрывоопасных свойств химических веществ на основе нейросетевых технологий является актуальной задачей.

Для прогнозирования НКПВ отобрана информация о 300 соединениях, относящиеся к различным классам химических веществ: наименование вещества, класс, структурная формула, значение НКПВ [1, с. 57; 2, с. 65].

Задача прогнозирования решается путем обучения нейронной сети выборкой из химических соединений с заданным показателем НКПВ. Имея готовую нейронную сеть, можно ввести структурную формулу вещества и получить предсказанное значение НКПВ для химического соединения. Программа также позволяет вносить в базу данных информацию о новых веществах, значения НКПВ которых достоверно подтверждены. С учетом этих новых данных имеется возможность переобучения нейронной сети, а также экспортировать отчеты по результатам прогнозирования в MS Excel.

На синапсы нейронов первого слоя подается информация о наличии и количестве дескрипторов, присутствующих в структурной формуле. В качестве таких дескрипторов отобраны сле-

дующие фрагментарные составляющие формулы: атомы с учетом валентного состояния или атом-связь-атом. Таким образом, на входы каждого нейрона первого слоя подается следующая информация: 0 – если соответствующий фрагмент отсутствует в структурной формуле, и в случае наличия фрагмента в формуле – цифра, показывающая их количество.

Для того, чтобы программа могла прогнозировать нижний концентрационный предел воспламенения необходимо обучение нейронной сети. Это обучение происходит с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

Алгоритм обратного распространения ошибки является одним из методов обучения многослойных нейронных сетей прямого распространения, называемых также многослойными персептронами. Многослойные персептроны успешно применяются для решения многих сложных задач.

В качестве входных данных используются готовые соединения и их коэффициенты воспламенения, полученные экспериментальным путем.

Общий алгоритм обучения представлен ниже:

1. Инициализировать веса маленькими случайными значениями.

2. Подать обучающую выборку на вход сети и подсчитать выходы каждого узла.

3. Для выходного слоя рассчитывается

$$\delta_k = o_k(1 - o_k)(t_k - o_k),$$

где δ – производная выходного слоя; o_k – выходной сигнал, t_k – предполагаемый выходной сигнал.

4. Для каждого слоя, начиная с предпоследнего вычислить

$$\delta_j = o_j(1 - o_j) \sum_{k \in \text{Children}(j)} \delta_k w_{j,k}$$

где δ – производная промежуточных слоев; o_j – выходной сигнал слоя; $w_{j,k}$ – вес слоя.

5. Далее происходит подстройка весов

$$\Delta w_{ij} = \alpha \Delta w_{ij} + (1 - \alpha) \eta \delta_j o_j,$$

где w_{ij} – вес слоя, α – произвольная константа, η – множитель, задающий скорость «движения», δ – производная промежуточных слоев, o_j – выходной сигнал слоя.

$$w_{ij} = w_{ij} + \alpha \Delta w_{ij}$$

где w_{ij} – вес слоя, w_{ij} – градиент.

6. Повторить обучение с 2 шага, если существуют еще обучающие выборки.

Так же нужно отметить, что нейронная сеть в описываемой программе использует сигмоидальную функцию активации, что позволяет более точно определять прогнозируемое значение. В качестве примера сигмоидальных функций можно привести логистическую (1) и гиперболический тангенс (2):

$$Y = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha Y)}, \quad (1)$$

где Y – выходной сигнал слоя, α – параметр наклона сигмоидальной функции активации.

$$Y = th\left(\frac{Y}{\alpha}\right), \quad (2)$$

где Y – выходной сигнал слоя, α – параметр наклона сигмоидальной функции активации. В представленной нейронной сети использован гиперболический тангенс. На рис. 1 представлена блок-схема обучения по алгоритму обратного распространения ошибки.

Сведения о веществах хранятся в файле chemicals.yml. YAML-человекочитаемый формат сериализации данных, концептуально близкий к языкам разметки, но ориентированный на удобство ввода-вывода типичных структур данных многих языков программирования. Непосредственно в файле chemicals.yml хра-

няется информация о наименованиях химических соединений, фрагментарных элементах, которые они содержат, их связей и дескрипторы этих соединений, а также Smiles-формулы. При запуске программы открывается основное диалоговое окно, содержащее следующие элементы (рис. 2):

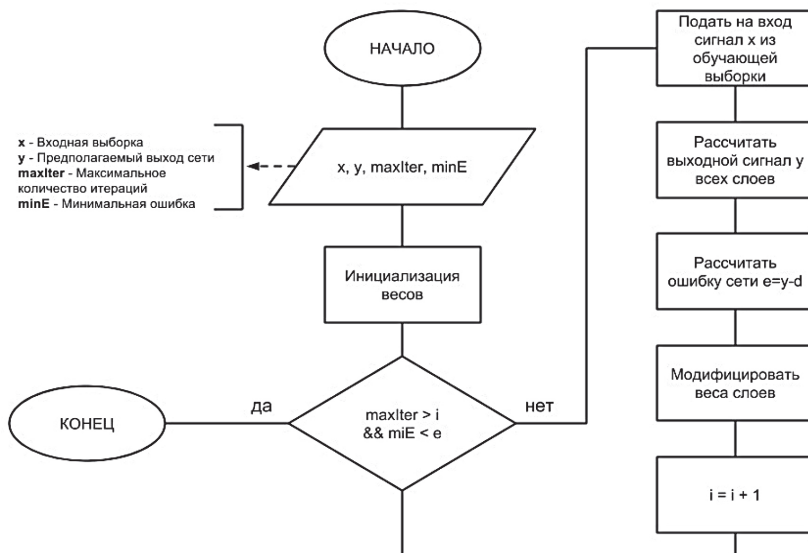


Рис. 1. Алгоритм обучения сети

- молекулярный редактор, позволяющий строить структурные формулы исследуемого соединения либо путем перетаскивания на рабочую область с панели элементов соответствующие элементы и соединять их связями, либо по Smiles-формулам;
- справочные окна, показывающие информацию о содержащихся в формуле дескрипторах (наличие и количество) и значение НКПВ;
- пункты меню «Файл» – содержащие стандартные команды работы с программой;

- пункты меню «Сервис»: Соединения – позволяет выбрать соединения из базы данных для исследования, Обучение – позволяет открыть соответствующие диалоговые окна для обучения нейронной сети, Отчет – для экспорта результатов обучения в MS Excel; Экзамен – проверка качества прогнозирования на экзаменационной выборке;
- кнопка, вызывающая диалоговое окно для добавления нового соединения в базу данных.

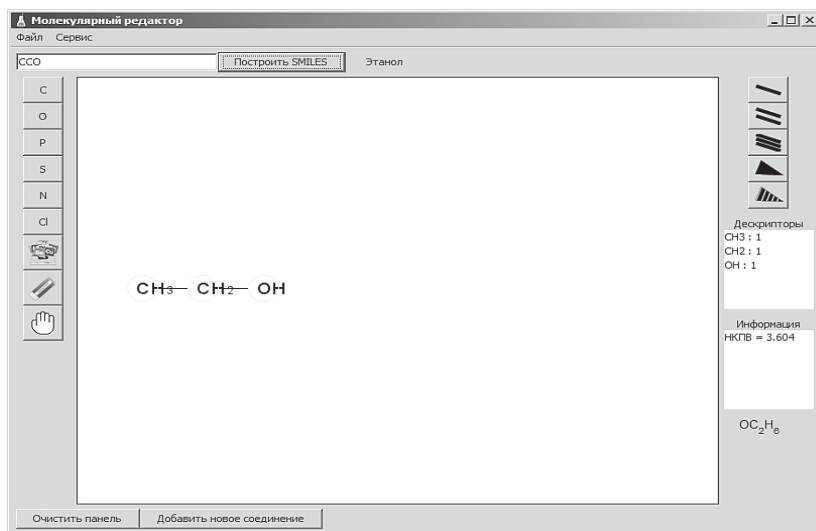


Рис. 2. Молекулярный редактор

Диалоговое окно для добавления нового вещества в базу данных содержит поля: Наименование, Smiles-формула и коэффициент НКПВ (рис. 3).

Для начала работы программы необходимо ввести структурную формулу химического соединения одним из трех способов: либо построить в молекулярном редакторе, используя панель инструментов, либо выбрать уже готовое соединение из списка, либо ввести формулу в формате SMILES в текстовое поле в верх-

ней части экрана. Программа проверяет информацию о вводимом химическом веществе на наличие его в базе данных. Если сведения о таком веществе уже хранятся в ней, то автоматически выводится его название, в противном случае существует возможность добавления информации о веществе в базу данных: название, SMILES-формула, значение НКПВ.

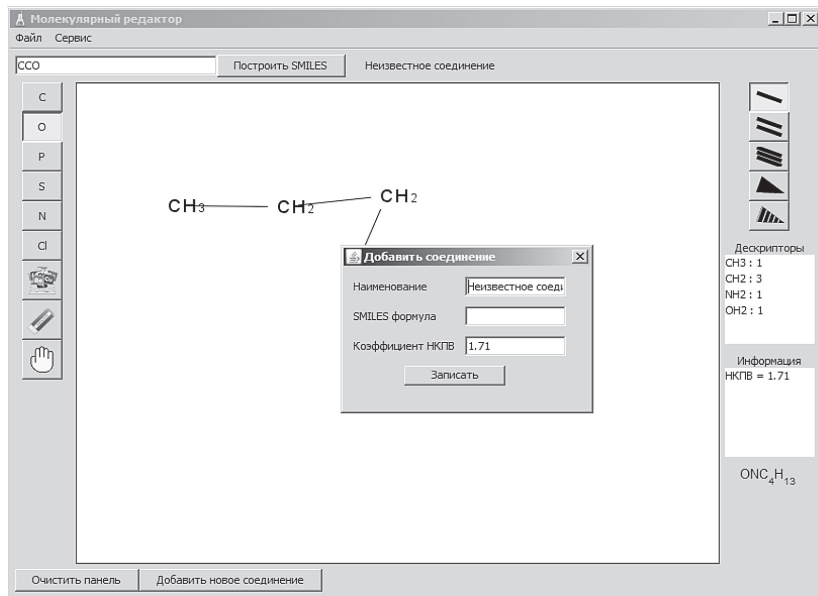


Рис. 3. Добавление нового вещества в базу данных

После ввода структурной формулы программой подсчитываются дескрипторы: в соответствующем окне показывается их наличие и количество.

После подсчета дескрипторов программа приступает к расчету коэффициента НКПВ. Для этого подгружается обученная нейронная сеть, и в нее загружаются уже готовые дескрипторы. Когда сеть подстроит значения согласно весам, она выдаст рассчитанное значение НКПВ.

Обучение сети можно провести, выбрав пункт меню Сервис – Обучение. Окно Обучение представляет собой таблицу, в столбцах которой содержится информация о наличии и количестве дескрипторов соединения и значении НКПВ, подтвержденным надежными источниками (рис. 4). По строкам таблицы расположены сведения о конкретном соединении из базы данных.

Наименова...	C	Br	N	NH3	NH2	O	CH4	Cl	CH3	CH2	NH	CH	OH	НКПВ
Акрилонитрил	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3.0
Аллиланин	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	2.2
Амиллацетат	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1.7
Амилбромид	1	0	0	0	0	2	0	0	2	4	0	0	0	1.08
Амилловый спирт	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	2.2
Амилхлорид	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	1	1.48
Амилсбифенил	1	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1.5
Амиллак	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	0	0.75
Амиллин	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.0
Ацетальдегид	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	1.32
Ацетанилид	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4.1
Ацетилен	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5	0	1.0
Ацетон	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2.5
Ацетонитрил	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	2.91
Ацетонциангидрин	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4.1
Бензол	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2.2
Бутан	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1.43
Бутен-1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1.8
Бутен-2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1.81
Бутиламин	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	1.82

Рис. 4. Окно «Обучение»

Обучение нейронной сети начинается после нажатия кнопки «Обучить».

Для демонстрации работы программы из базы химических соединений выбран случайным образом Гептан (рис. 5).

В окне молекулярного редактора отобразились его структурная формула, наличие и количество дескрипторов, входящих в формулу, а также значение коэффициента НКПВ (рис. 6).

В ходе исследований осуществлена возможность прогнозирования нижнего и верхнего концентрационных пределов воспламенения, добавления в базу данных веществ с известными значениями НКПВ и ВКПВ, переобучение нейронной сети с учетом этих значений, а также экспорт отчетов по результатам прогнозирования в MS Excel.

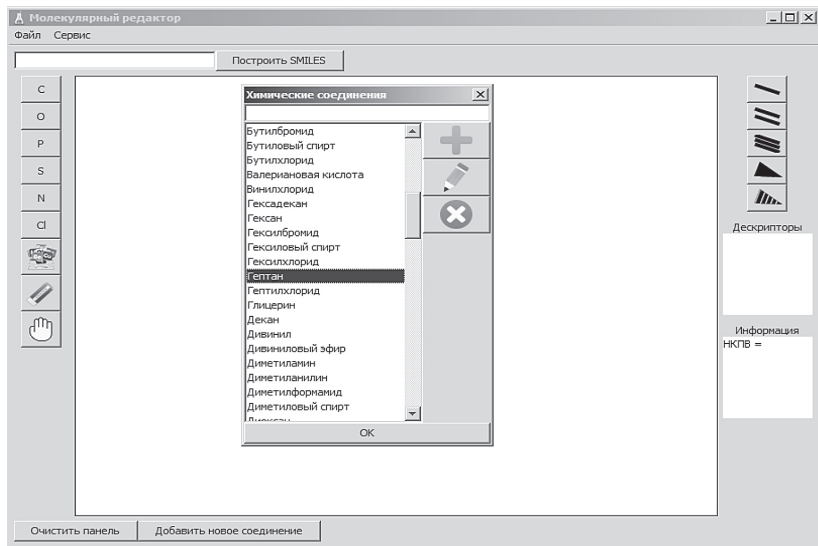


Рис. 5. Выбор соединения для прогнозирования НКВП

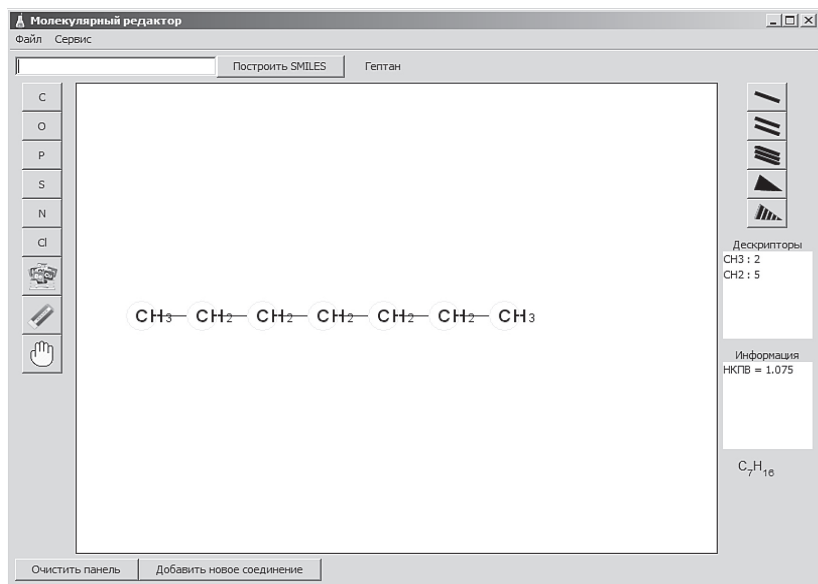


Рис. 6. Структурная формула выбранного соединения

В ходе проведенных экспериментов были получены следующие результаты: при обучении и тестировании нейронной сети на экзаменационных выборках выдаются результаты, имеющие точность, адекватную точности экспериментального определения НКПВ и ВКПВ. Таким образом, можно сделать вывод, что программа пригодна для прогнозирования НКПВ и ВКПВ широкого класса органических соединений, и это позволяет рекомендовать ее для практического использования.

Список литературы

1. Корольченко А.Я., Кротьченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2ч. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч.1. 713 с.
2. Корольченко А.Я., Кротьченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2ч. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч.2. 774 с.
3. Криветченко О.В., Павлик И.О. Компьютерная система прогнозирования нижнего концентрационного предела воспламенения // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСиТ-2014): Материалы Всероссийской научно-практической конференции, г. Кемерово, 16–17 октября 2014 г.; Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. Кемерово, 2014. С. 88–89.
4. Осипов А.Л., Криветченко О.В. Компьютерная оценка нижнего концентрационного предела воспламенения химических веществ // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. №10.1(46) (Математика. Механика. Информатика). С. 34–45.

References

1. Korolchenko A.Ya., Krolchenko D.A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire hazard substances

- and materials and their extinguishing agents]. M.: Ass. «Pozhnauka», 2004. Part 1. 713 p.
2. Korolchenko A.Ya., Krolchenko D.A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire hazard substances and materials and their extinguishing agents]. M.: Ass. “Pozhnauka”, 2004. Part 2. 774 p.
 3. Krivetchenko O.V., Pavlik I.O. Komp'yuternaya sistema prognozirovaniya nizhnego kontsentratsionnogo predela vosplamneniya [The computer system of forecasting lower flammable limit // Information and Telecommunication Systems and Technologies]. *Informatsionno-telekommunikatsionnye sistemy i tekhnologii (ITSiT-2014): Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, g. Kemerovo, 16–17 oktyabrya 2014* [Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference, Mr. Kemerovo, on October 16–17, 2014]; Kuzbas. gos. tekhn. un-t im. T.F. Gorbacheva. Kemerovo, 2014, pp. 88–89.
 4. Osipov A.L., Krivetchenko O.V. *V mire nauchnykh otkrytiy*. Krasnoyarsk, 2013. №10.1(46), pp. 34–45.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Осипов А.Л., Трушина В.П., Павлик И.О.

*Новосибирский государственный университет экономики
и управления
ул. Каменская 52/1, г. Новосибирск, 630099, Российская Фе-
дерация
alosip@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Osipov A.L., Trushina V.P., Pavlik I.O.

*Novosibirsk State University of Economics and Management
52/1, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 630099, Russian Fede-
ration
alosip@mail.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-79-87

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ О ФОРМЕ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В ЗАДАЧЕ РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН

Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

В работе рассматривается задача рассеяния электромагнитных волн на различных дифракционных структурах. Решение задачи рассеяния осуществляется на основе метода интегральных уравнений. По диаграммам обратного рассеяния при разных частотах падающей волны принимается решение о форме исследуемого объекта.

Ключевые слова: *дифракция; интегральное уравнение; рассеяние радиоволн; радиосвязь; дифракционная структура; метод моментов; радиоизлучение.*

THE DECISION OF FORM FOR DIFFRACTIVE STRUCTURES IN THE PROBLEM OF SCATTERING OF RADIO WAVES

Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.

This paper considers the problem of scattering of electromagnetic waves in different diffraction structures. The solution of the scattering problem is based on the method of integral equations. On diagrams of backscattering at various frequencies of the incident wave, the decision about the form of the object is carried out.

Keywords: *diffraction; integral equation; scattering of radio waves; telecommunication; diffraction structure; method of moments; radioirradiation.*

Для того, чтобы проектировать и оценивать эффективность современных радиолокационных систем требуется знать априорные характеристики рассеяния исследуемых объектов [1–4]. Вследствие развития техники и способов обработки радиолокационных сигналов возникают возможности для увеличения числа и точности измеряемых параметров поля, которое рассеивается от объектов при рассмотрении процессов радиолокации. Следует отметить, что актуальной является задача, связанная с разработкой новых подходов и алгоритмов, направленных на обнаружение и селекцию радиолокационных сигналов [5–8].

Информацию, связанную с состоянием принимаемых электромагнитных волн можно использовать для того, чтобы обнаруживать и проводить селекцию радиосигналов по соответствующим признакам [7].

Идентификация объектов в радиолокационной сфере может осуществляться по спектрам отраженных сигналов и значениям эффективной поверхности рассеяния (ЭПР). По удаленным (точечным) рассеивателям ЭПР рассматривается как мера их видимости для радаров. Так как точных решений задач определения ЭПР для произвольных тел в общем случае не найдено, были разработаны несколько способов ([9–11]) для того, чтобы ее приближенным образом решать: аналитические, численные и комбинированные.

Когда размеры тел являются сопоставимыми с длиной падающей плоской монохромной волны l – то мы говорим о зоне резонансного рассеивания здесь эффективными являются метод конечных элементов (МКЭ) в частотной области и метод моментов (МоМ).

В данной работе мы рассматриваем задачу об определении формы дифракционной структуры на основе информации о угловых зависимостях ЭПР. Примеры рассматриваемых структур приведены на рис. 1.

Рассмотрим решение задачи в рамках метода интегральных уравнений. Запишем интегральное уравнение Фредгольма второго рода для электрического тока [12] при учете граничных условий для поверхностей идеально проводящих объектов (рис. 1)

$$J_s(r) = 2n \times H^i(r) + \frac{1}{2\pi} n \times \int_s J_s(r) \times grad' G ds', \quad (1)$$

где $G = exp(-jkr)/r$ – является трехмерной функцией Грина, относящейся к свободному пространству, она будет являться решением уравнения Гельмгольца когда δ -образный источник; s – обозначает поверхность объектов; n – показывает внешнюю нормаль к поверхности объекта для точки наблюдения;

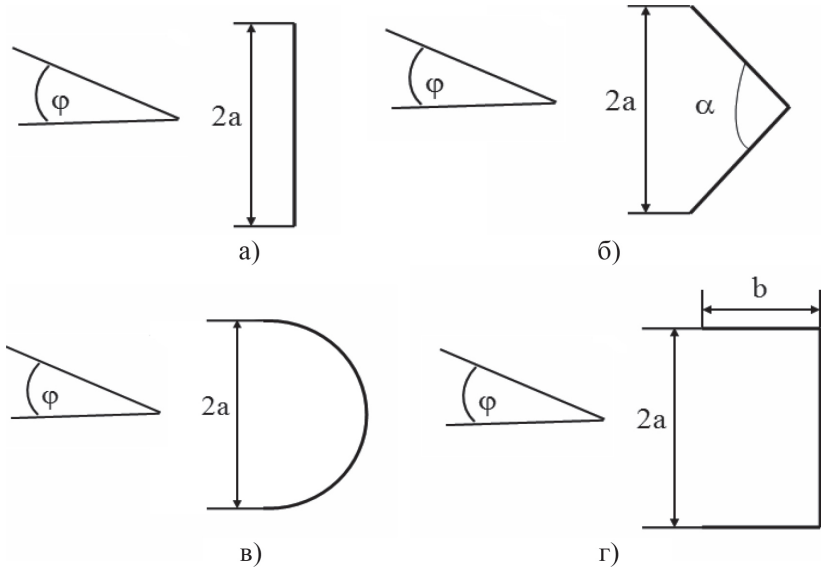


Рис. 1

$J_s = [n \times H]$ – является поверхностной плотностью эквивалентного электрического тока; $H^i(r) = \mathbf{x}H_x^i + \mathbf{y}H_y^i + \mathbf{z}H_z^i$ – является вектором первичной плоской электромагнитной волны, которая вертикально поляризована.

Для того, чтобы определить неизвестные поверхностные электрические токи $J_S(r)$ на поверхности анализируемых структур проводится решение интегрального уравнения (1) на основе метода моментов [12] таким образом. Определяем систему базисных функций, относительно которых происходит разложение электрических токов на поверхности структур. Для нашего случая в качестве базисных функций мы выбираем кусочно-постоянные функции. Потом требуется ввести систему пробных функций. Пробными функциями в нашем случае были взяты δ -функции Дирака. Применение такой системы с точки зрения физики показывает, что выполнение граничных условий по магнитному полю происходит не для всех поверхностей объектов S , а только для дискретного числа точек. Анализ показывает [12], что когда выбирается достаточное количество точек, по которым происходит удовлетворение граничных условий, мы можем получить высокую точность решений, когда осуществляется моделирование рассеяния электромагнитных волн на различных объектах.

Как результат применения метода моментов интегральное уравнение (1) превращается в систему уравнений:

$$\begin{bmatrix} U_{xx} & U_{xy} & U_{xz} \\ U_{yx} & U_{yy} & U_{yz} \\ U_{zx} & U_{zy} & U_{zz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_x \\ J_y \\ J_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix}, \quad (2)$$

здесь J_x, J_y, J_z – являются компонентами плотности поверхностных электрических токов.

В указанной выше системе для вычисления блоков в матрице U используются следующие выражения:

$$(U_{xx})_{mn} = \frac{1}{2\pi_S} \int ((n_y)_m (grad'_y)_{mn} + (n_z)_m (grad'_z)_{mn}) ds'_n - \delta_{mn};$$

$$(U_{xy})_{mn} = -\frac{1}{2\pi_S} \int (n_y)_m (grad'_x)_{mn} ds'_n; (U_{xz})_{mn} = -\frac{1}{2\pi_S} \int (n_z)_m (grad'_x)_{mn} ds'_n;$$

$$\begin{aligned}
 (U_{yx})_{mn} &= -\frac{1}{2\pi_S} \int (n_x)_m (grad'_y)_{mn} ds'_n; & (U_{yz})_{mn} &= -\frac{1}{2\pi_S} \int (n_z)_m (grad'_y)_{mn} ds'_n; \\
 (U_{yy})_{mn} &= \frac{1}{2\pi_S} \int ((n_x)_m (grad'_x)_{mn} + (n_z)_m (grad'_z)_{mn}) ds'_n - \delta_{mn}; & (3) \\
 (U_{zx})_{mn} &= -\frac{1}{2\pi_S} \int (n_x)_m (grad'_z)_{mn} ds'_n; & (U_{zy})_{mn} &= -\frac{1}{2\pi_S} \int (n_y)_m (grad'_z)_{mn} ds'_n; \\
 (U_{zz})_{mn} &= \frac{1}{2\pi_S} \int ((n_x)_m (grad'_x)_{mn} + (n_y)_m (grad'_y)_{mn}) ds'_n - \delta_{mn}
 \end{aligned}$$

где $m, n = 1, \dots, N$, где N – количество точек разбиения поверхности объектов.

Здесь d_{mn} – является символом Кронекера,

$$grad G_{mn} = -\hat{r}_{mn} \frac{1 + jkr}{r_{mn}} exp(-jkr_{mn}) = \quad (4)$$

$\mathbf{i}(grad_x)_{mn} + \mathbf{j}(grad_y)_{mn} + k(grad_z)_{mn}$,
 где $\hat{r}_{mn} = \frac{\mathbf{r}_{mn}}{|\mathbf{r}_{mn}|}$ – рассчитывается в виде единичного вектора, направленного из точки источника в точку наблюдения [12].

Для вектора-столбца свободных членов записываются такие выражения:

$$\begin{aligned}
 (R_x)_m &= 2((n_y)_m (H_z^i)_m - (n_z)_m (H_y^i)_m); \\
 (R_y)_m &= -2((n_x)_m (H_z^i)_m - (n_z)_m (H_x^i)_m); \\
 (R_z)_m &= 2((n_x)_m (H_y^i)_m - (n_y)_m (H_x^i)_m).
 \end{aligned} \quad (5)$$

После того, как решена приведенная система уравнений (2) происходит вычисление рассеянного электромагнитного поля для дальней зоны, которое связано с определенным электрическим током $J_s(r)$ таким образом [12]:

$$H^{sc}(\mathbf{r}) = \frac{j\omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0} exp(-jkr)}{4\pi r} \int_s J_s(\mathbf{r}') \times \hat{\mathbf{r}} exp(jk\hat{\mathbf{r}} \cdot \mathbf{r}') ds', \quad (6)$$

где k – является волновым числом;

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – представляют собой магнитную и электрическую постоянную;

r' – является радиус-вектором точки источника;

r – является радиус-вектором точки наблюдения по дальней зоне.

Проводится расчет ЭПР объекта на основе такой формулы [13]

$$\sigma = \lim_{r \rightarrow \infty} 4\pi r^2 \frac{|H^{sc}(r)|^2}{|H^i(r)|^2}. \quad (7)$$

Определение формы объекта может быть полезным в различных автоматизированных системах [14, 15]. Для того, чтобы принять решение о форме объекта, мы будем рассматривать случаи, когда сначала падает электромагнитная волна с частотой f_1 , а затем с частотой f_2 , причем их значение отличается на порядок.

Характеристика рассеяния объекта, приведенного на рис 1а, в обоих случаях будет иметь характерный максимум при нулевом угле наблюдения.

Объекты, приведенные на рис 1б и 1г, по характеристикам рассеяния отличаются тем, что во втором случае их значения отличаются на большие величины, что позволяет принять решение, что объектом является полая прямоугольная структура. При относительно небольших изменениях (не более 5–6 дБ) для сектора углов 0° – 20° принимается решение, что рассматривается структура, приведенная на рис. 1б.

Для того, чтобы принять решение о том, что мы рассматриваем объект, приведенный на рис. 1в, необходимо провести анализ изменений характеристик рассеяния в секторе углов наблюдения 0° – 30° . Если значения изменяются не более, чем на 2–3 дБ, то мы принимаем решение.

Вывод

В работе рассмотрены вопросы принятия решения о форме объектов на основе анализа характеристик рассеяния при различных частотах падающей волны.

Список литературы

1. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13–14.
2. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 13.
3. Пекшев Г.А., Скляр А.Г. Некоторые свойства лучевых методов, используемых для анализа распространения электромагнитных волн // В мире научных открытий. 2015. № 12. С. 17–23.
4. Пекшев Г.А., Скляр А.Г. Проблемы управления рассеянными электромагнитными полями // В мире научных открытий. 2015. № 12. С. 24–30.
5. Максимова А.А., Юрочкин А.Г. Методы исследования характеристик рассеяния электромагнитных волн объектами // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 16. С. 53–56.
6. Канавин С.В., Лукьянов А.С. Перспективы применения систем мобильного широкополосного доступа в сетях подвижной радиосвязи на основе стандартов mobile WIMAX и LTE // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 16. С. 79–82.
7. Кульнева Е.Ю., Гашенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5–2. С. 50.
8. Глотова Т.В. Применение гибридного метода для расчета характеристик рассеяния объектов над шероховатой поверхностью // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 11.
9. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49–50.

10. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60–62.
11. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 20–26.
12. Щербатых С.С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 10.
13. Справочник по радиолокации / Под ред. Скольника М. М.: Сов. радио, 1976. Т.1. 455 с.
14. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153–156.
15. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 4.

References

1. Golovinov S.O., Khromykh A.A. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 13–14.
2. Kazakov E.N. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 13.
3. Pekshev G.A., Sklyar A.G. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015. № 12, pp. 17–23.
4. Pekshev G.A., Sklyar A.G. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015. № 12, pp. 24–30.
5. Maksimova A.A., Yurochkin A.G. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2016. № 16, pp. 53–56.
6. Kanavin S.V., Luk'yanov A.S. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2016. № 16, pp. 79–82.

7. Kul'neva E.Yu., Gashchenko I.A. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2014. № 5–2. P. 50.
8. Glotova T.V. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 11.
9. Baranov A.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 49–50.
10. Miloshenko O.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 60–62.
11. Erasov S.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2013. № 10, pp. 20–26.
12. Shcherbatykh S.S. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 10.
13. *Spravochnik po radiolokatsii* [Reference radar] / Skolnik M. (ed.). M.: Sov. ra-dio, 1976. t.1. 455 p.
14. Mishin Ya.A. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2013. № 10, pp. 153–156.
15. Boluchevskaya O.A., Gorbenko O.N. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2013. № 3. P. 4.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

*Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73А, Воронеж, Воронежская обл., 394043,
Российская Федерация
komkovvvt@ya.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.

*Voronezh Institute of High Technologies
73A, Lenin Str., Voronezh region, 394043, Russian Federation
komkovvvt@ya.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-88-96

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА УГЛОВЫХ СТРУКТУРАХ

Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

В работе рассматриваются особенности рассеяния электромагнитных волн на угловых дифракционных структурах. Решение задачи проводится на основе метода интегральных уравнений. Проведен сравнительный анализ характеристик рассеяния структур с различной формой.

Ключевые слова: *дифракция; интегральное уравнение; рассеяние радиоволн; радиосвязь; угловая структура; метод моментов; радиоизлучение.*

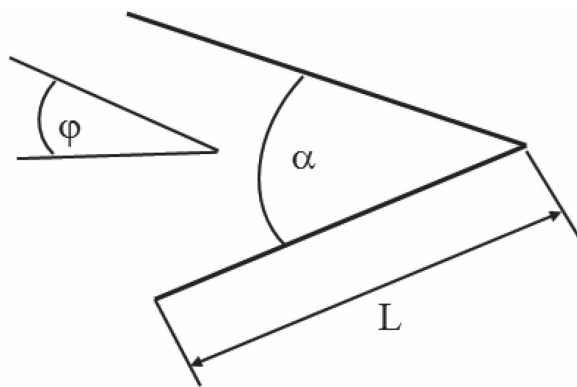
THE SIMULATION OF SCATTERING OF ELECTROMAGNETIC WAVES ON ANGULAR STRUCTURES

Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.

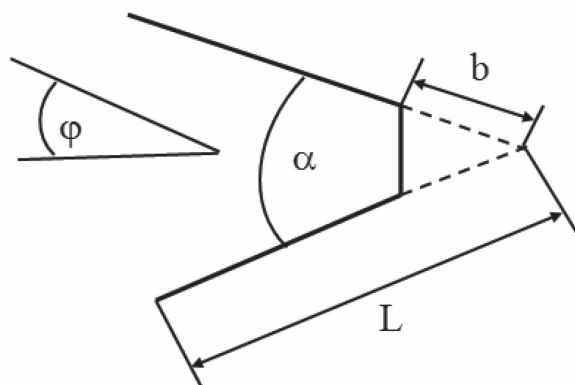
The paper discusses the characteristics of scattering of electromagnetic waves on the angular diffraction structures. The solution of the problem is based on the method of integral equations. A comparative analysis of the scattering characteristics of structures with different shape is carried out.

Keywords: *diffraction; integral equation; scattering of radio waves; telecommunication; angular structure; method of moments; radioirradiation.*

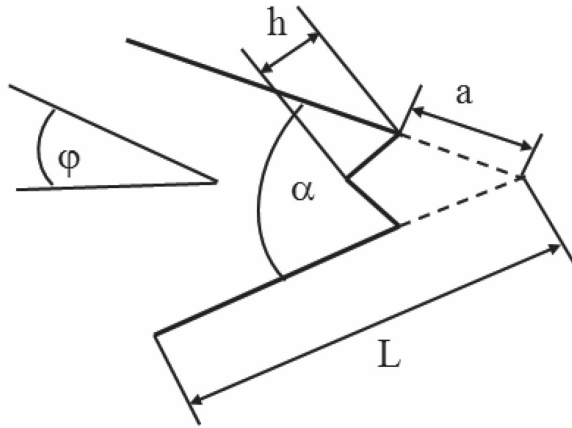
Для современного этапа развития общества характерно то, что повсеместно внедряются инфокоммуникационные комплексы в различные области человеческой деятельности [1–4]. Большой рост количества радиоэлектронных средств определяет высокую территориальную плотность размещения источников радиоизлучения, происходит усложнение электромагнитной обстановки, ухудшается электромагнитная экология [5–8]. При освоении новых частотных диапазонов можно столкнуться с тем, что возникнут технические трудности и финансовые затраты.



а)



б)



в)
Рис. 1

Среди элементов, входящих в состав радиоэлектронных систем, выделяют большое количество дифракционных структур, формирующих обратное поле рассеяния [9–11]. Представляет интерес рассмотреть особенности рассеяния электромагнитных волн на угловых структурах.

Примеры угловых структур приведены на рис. 1.

Для того, чтобы определить плотности токов на поверхности исследуемой дифракционной структуры, мы воспользуемся уравнением Фредгольма первого рода, в которое входит плотность искомого электрического тока для случая E -поляризации [12]:

$$\frac{\omega \cdot \mu}{4} \cdot \int_{\alpha}^{\beta} j(t) \cdot H_0^2 [k \cdot L_0(\tau, t)] \cdot \sqrt{\xi^2(t) + \eta^2(t)} dt = E_z^0(\tau), \quad (1)$$

здесь $L_0(\tau, t) = \sqrt{[\xi(\tau) - \xi(t)]^2 + [\eta(\tau) - \eta(t)]^2}$ – представляет собой расстояние между точкой наблюдения и точкой интегрирования, $E_z^0(\tau)$ – является продольной составляющей для напряженности падающего электромагнитного поля для точки, лежащей на

контуре. Задание контура структуры осуществляется параметрическим образом: $x = \xi(t)$, $y = \eta(t)$, $\alpha \leq t \leq \beta$, здесь $\xi'(t)$, $\eta'(t)$ – являются первыми производными соответствующих функций, $k = 2 \cdot \pi / \lambda$, λ – обозначает длину падающих электромагнитных волн.

Когда решается интегральное уравнение на основе метода моментов требуется правильным образом описать особенность сингулярности ядра в интегральном уравнении. Например, в случае, когда совпадают координаты точки наблюдения и интегрирования, т. е. при $L_0 \rightarrow 0$, для двумерной функции Грина мы имеем $H_0^{(2)}(kR) \rightarrow \Delta \ell [1 - (\frac{j}{2\pi})[\gamma - 1 + \ln(\frac{k\Delta \ell}{4})]]$ [13], где $\gamma = 0,577215664$ – обозначает постоянную Эйлера.

На основе полученных в результате решения системы уравнений компонент $[J_m]$ мы определяем рассеянное поле.

3. Базируясь на интеграле Кирхгофа [14] определяем рассеянное электромагнитное поле, которое связано с полученными электрическими токами $J_z(r)$ таким образом:

$$H(\theta_r) = \exp(-jkr) \sqrt{\frac{k}{2\pi r}} \int J_z(r') \exp(jkr' \cos(\theta_r)) dr', \quad (2)$$

где θ_r – является углом наблюдения; k – волновым числом; r – радиус-вектором точки наблюдения, относящейся к дальней зоне.

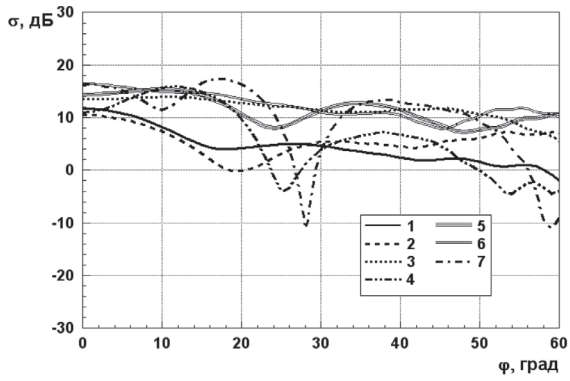
4. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) связана с рассеянным электромагнитным полем на основе формулы [15]:

$$\sigma_{\text{эфф}} = 2\pi r |H(\theta_r)|^2. \quad (3)$$

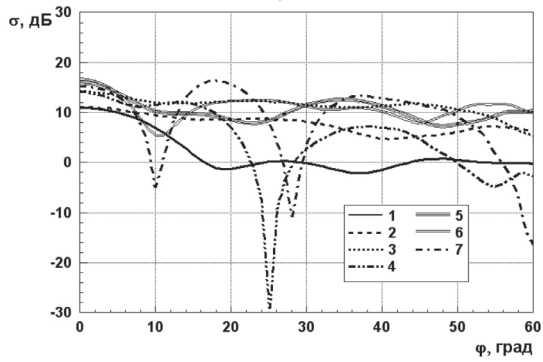
Подход, связанный с анализом характеристик рассеяния двумерных структур может быть расширен для того, чтобы осуществлять оценку характеристик рассеяния трехмерных структур [16–18]. На основе приближенной формулы двумерную ЭПР пересчитывают в трехмерную ЭПР [13]:

$$\sigma_{\text{трех}} = \frac{2w^2}{\lambda} \sigma_{\text{двум}} \quad (4)$$

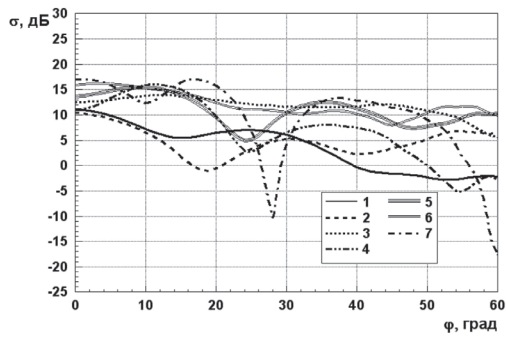
где w – является размером структуры в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа (рис. 1).



а)



б)



в)

Рис. 2

На рис. 2 приведены рассчитанные значения ЭПР в зависимости от угла наблюдения. Рис. 2а соответствует рис. 1а, рис. 2б соответствует рис. 1б, рис. 2в соответствует рис. 1в. Кривая 1 соответствует $L=4\lambda$, кривая 2 соответствует $L=5\lambda$, кривая 3 соответствует $L=6\lambda$, кривая 4 соответствует $L=7\lambda$, кривая 5 соответствует $L=8\lambda$, кривая 6 соответствует $L=9\lambda$, кривая 7 соответствует $L=10\lambda$. При расчетах $b=2\lambda$, $h=2\lambda$, $a=20^\circ$.

В результате анализа было установлено, что в секторе углов наблюдения от 0° до 30° наибольший разброс для ЭПР соответствует случаю, приведенному на рис 1б. При изменении L от 4λ до 10λ величина средней ЭПР для сектора углов наблюдения от 5° до 90° изменялась не более, чем на 0.3 дБ.

Вывод

В работе на основе метода интегральных уравнений проведено моделирование и исследованы характеристики рассеяния угловых дифракционных структур.

Список литературы

1. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49–50.
2. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60–62.
3. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153–156.
4. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13–14.

5. Кульнева Е.Ю., Гащенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5–2. С. 50.
6. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 13.
7. Канавин С. В., Лукьянов А. С. Перспективы применения систем мобильного широкополосного доступа в сетях подвижной радиосвязи на основе стандартов mobile WIMAX и LTE // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 16. С. 79–82.
8. Глотова Т.В. Применение гибридного метода для расчета характеристик рассеяния объектов над шероховатой поверхностью // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 11.
9. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 4.
10. Максимова А.А., Юрочкин А.Г. Методы исследования характеристик рассеяния электромагнитных волн объектами // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 16. С. 53–56.
11. Пекшев Г.А., Скляр А.Г. Некоторые свойства лучевых методов, используемых для анализа распространения электромагнитных волн // В мире научных открытий. 2015. № 12. С. 17–23.
12. Захаров Е.В., Пименов Ю.В. Численные методы решения задач дифракции. М.: Радио и связь, 1986. 184 с.
13. Ling H. RCS of waveguide cavities: a hybrid boundary-integral/modal approach. // IEEE Trans. Antennas Propagat., 1990, vol. AP–38, no. 9, pp. 1413–1420.
14. Стрэттон Дж. Теория электромагнетизма. М.Л.: Гостехиздат, 1948. 539 с.

15. Справочник по радиолокации / Под ред. Скольника М. М.: Сов. радио, 1976. т.1. 455 с.
16. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 20–26.
17. Щербатых С.С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 10.
18. Пекшев Г.А., Скляр А.Г. Проблемы управления рассеянными электромагнитными полями // В мире научных открытий. 2015. № 12. С. 24–30.

References

1. Baranov A.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 49–50.
2. Miloshenko O.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 60–62.
3. Mishin Ya.A. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2013. № 10, pp. 153–156.
4. Golovinov S.O., Khromykh A.A. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 13–14.
5. Kul'neva E.Yu., Gashchenko I.A. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2014. № 5–2. P. 50.
6. Kazakov E.N. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 13.
7. Kanavin S.V., Luk'yanov A.S. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2016. № 16, pp. 79–82.
8. Glotova T.V. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 11.
9. Boluchevskaya O.A., Gorbenko O.N. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2013. № 3. P. 4.
10. Maksimova A.A., Yurochkin A.G. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2016. № 16, pp. 53–56.

11. Pekshev G.A., Sklyar A.G. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015. № 12, pp. 17–23.
12. Zakharov E.V., Pimenov Yu.V. *Chislennyye metody resheniya zadach difraktsii* [Numerical methods for solving diffraction problems]. M.: Radio i svyaz', 1986. 184 p.
13. Ling H. RCS of waveguide cavities: a hybrid boundary-integral/modal approach. *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, 1990, vol. AP–38, no. 9, pp. 1413–1420.
14. Stretton Dzh. *Teoriya elektromagnetizma* [The theory of electromagnetism]. M.L.: Gostekhizdat, 1948. 539 p.
15. *Spravochnik po radiolokatsii* [Reference radar] / Skolnik M. (ed.). Sov. radio, 1976. V.1. 455 p.
16. Erasov S.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2013. № 10, pp. 20–26.
17. Shcherbatykh S.S. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 10.
18. Pekshev G.A., Sklyar A.G. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015. № 12, pp. 24–30.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

*Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73А, Воронеж, Воронежская обл., 394043, Рос-
сийская Федерация
komkovvvt@ya.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.

*Voronezh Institute of High Technologies
73A, Lenin Str., Voronezh region, 394043, Russian Federa-
tion
komkovvvt@ya.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-97-107

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С ТРЕБУЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РАССЕЯНИЯ

Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

В работе рассматривается задача оптимизация характеристик рассеяния электромагнитных волн на периодической электродинамической структуре. Решение задачи рассеяния осуществляется на основе метода интегральных уравнений, оптимизация характеристик проводится на основе генетического алгоритма. Даны рекомендации по параметрам периодической структуры при заданных углах наблюдения.

Ключевые слова: дифракция; интегральное уравнение; рассеяние радиоволн; радиосвязь; дифракционная структура; оптимизация; генетический алгоритм.

THE OPTIMIZATION OF ELECTRODYNAMIC CONFIGURATION OBJECT WITH THE DESIRED CHARACTERISTICS OF SCATTERING

Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.

This paper considers the problem of optimization of the characteristics of scattering of electromagnetic waves on periodic electrodynamic structure. The solution of the scattering problem is based on the method of integral equations, the optimization of the characteristics is based

on the genetic algorithm. Recommendations on the parameters of the periodic structure under given angles are given.

Keywords: diffraction; integral equation; scattering of radio waves; telecommunication; diffraction structure; optimization; genetic algorithm.

Задачи рассеяния электромагнитных волн встречаются во многих практических приложениях, в том числе и при проектировании систем радиосвязи [1–5].

При математическом моделировании объекты представляются как совокупность жестко связанных отражателей, имеющих определенные параметры.

В ряде случаев мы можем использовать интегральные уравнения для того, чтобы исследовать периодические структуры, в том числе для дифракционных решеток, образованных бесконечно пластинами, которые имеют произвольную форму и идеально проводящие [6].

Задачу, связанную с определением токов на периодической структуре, когда на ней происходит рассеяние электромагнитной волны, мы решали в рамках метода интегральных уравнений [7–9]. Для одного периода плотности тока есть возможность записи интегрального уравнения [10]

$$\vec{J}(x, y, z) + 2 \cdot \int_S [\vec{n}(x, y, z) \times [\vec{J}(x', y', z') \times \text{grad}G(x, y, z, x', y', z')]] ds = 2 \cdot [\vec{n}(x, y, z) \times \vec{H}^i(x, y, z)],$$

$$\text{где} \quad G(x, y, z, x', y', z') = \exp(-ikr) / (4\pi r), \\ r = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2}. \quad (1)$$

Если рассматривать случай одномерной линейной гребенки, то уравнение (1) приводится к бесконечной системе интегральных уравнений. Для одного из элементов гребенки мы назначим нулевой индекс и проведем нумерацию остальных элементов (рис. 1). В этом случае уравнение системы, для которого точка

наблюдения находится на нулевом объекте, записывается в таком виде

$$\begin{aligned} & \dots + \vec{J}_0(x_0, y_0, z_0) + \\ & + 2 \cdot \int_{S_0} [\vec{n}(x_0, y_0, z_0) \times [\vec{J}_{-1} \times \text{grad}G(x_0, y_0, z_0, x'_0, y'_0, z'_0)]] ds + \\ & + 2 \cdot \int_{S_1} [\vec{n}(x_0, y_0, z_0) \times [\vec{J}_1 \times \text{grad}G(x_0, y_0, z_0, x'_1, y'_1, z'_1)]] ds + \dots = \quad (2) \\ & = 2 \cdot [\vec{n} \times \vec{H}^i(x_0, y_0, z_0)]. \end{aligned}$$

Для всех элементов структуры можно сказать, что они являются идентичными, и есть отличие по одинаковым точкам элементов лишь в координатах на величину, которая кратна периоду d . Разница в фазах плотностей токов по одинаковым точкам элементов будет $\psi = kdc\cos\theta$. В результате, уравнение (1) мы можем свести к следующему интегральному уравнению

$$\begin{aligned} & \vec{J}_0(x_0, y_0, z_0) + 2 \cdot \int_{S_0} [\vec{n}(x_0, y_0, z_0) \times [\vec{J}_0 \times \\ & \times \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp(in\psi) \cdot \text{grad}G(x_0, y_0, z_0, x'_0 + nd, y'_0, z'_0)]] ds = \quad (3) \\ & = 2 \cdot [\vec{n} \times \vec{H}^i(x_0, y_0, z_0)]. \end{aligned}$$

Этот результат мы можем обобщить для двумерной гребенки. Поскольку система является однородной, то, как и для одномерного случая, разница токов по одинаковым элементам будет лишь в фазах:

$$\vec{J}_{nl} = \vec{J}_{00} \cdot \exp(in\psi_1) \cdot \exp(il\psi_2), \quad (4)$$

где $\psi_1 = d \cdot \sin\theta \cdot \cos\varphi$, $\psi_2 = d \cdot \sin\theta \cdot \sin\varphi$.

Обобщение (3) для двумерной гребенки ведет к уравнению

$$\begin{aligned} & \vec{J}_{00}(x_{00}, y_{00}, z_{00}) + 2 \cdot \int_{S_{00}} [\vec{n}(x_{00}, y_{00}, z_{00}) \times [\vec{J}_{00} \times \\ & \times \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{\ell=-\infty}^{\infty} \exp(in\psi_1) \cdot \exp(i\ell\psi_2) \cdot \text{grad}G(x_{00}, y_{00}, z_{00}, x'_{00} + \\ & + nd, y'_{00} + \ell d, z'_{00})]] dS = 2 \cdot [\vec{n} \times \vec{H}^i(x_{00}, y_{00}, z_{00})]. \quad (5) \end{aligned}$$

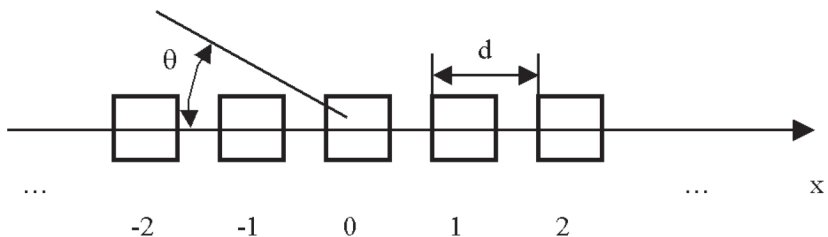


Рис. 1. Одномерная линейная гребенка (вид сверху)

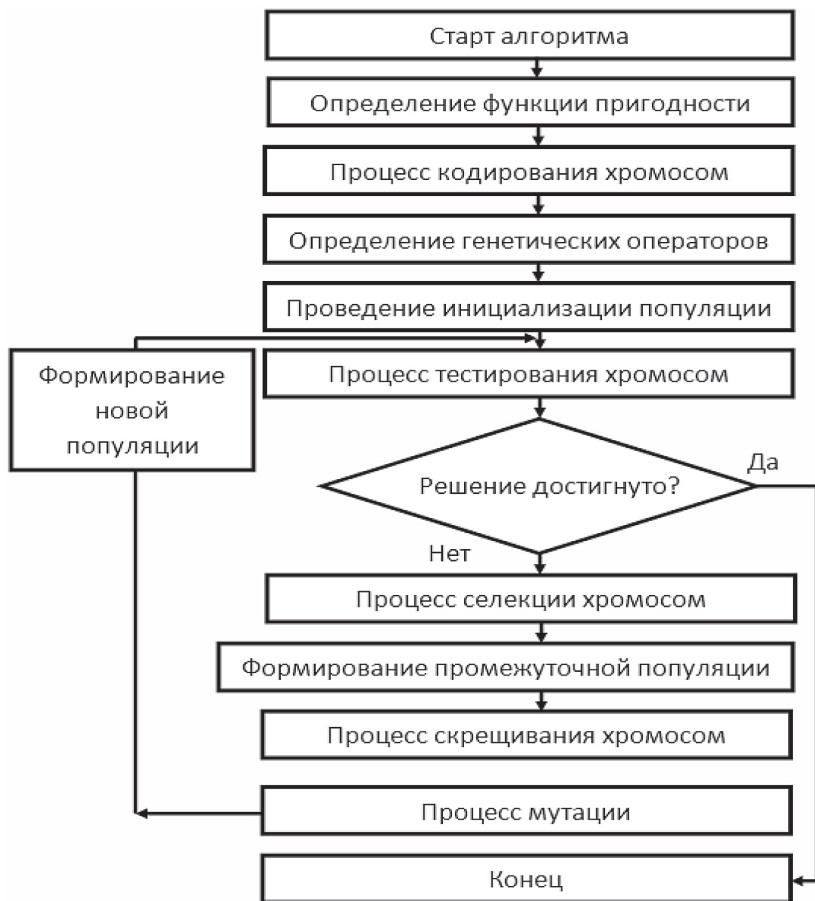


Рис. 2. Схема генетического алгоритма

Интегральное уравнение решается на основе метода моментов.

Варьируемыми параметрами являются размер элемента и расстояние между элементами.

Для решения задачи, связанной с достижением требуемого уровня характеристик рассеяния гребенки для определенного угла наблюдения мы воспользуемся генетическим алгоритмом (ГА) [12]. Схема ГА приведена на рис. 2.

Хромосома в нашей задаче имеет 4 гена: q, x, c и d. Поскольку ген представляет собой целое число, которое меньше чем 30, то для того, чтобы осуществить кодирование каждого гена мы можем применять 5 битов. В этом случае хромосома представляется в виде, изображенном на рис. 3.

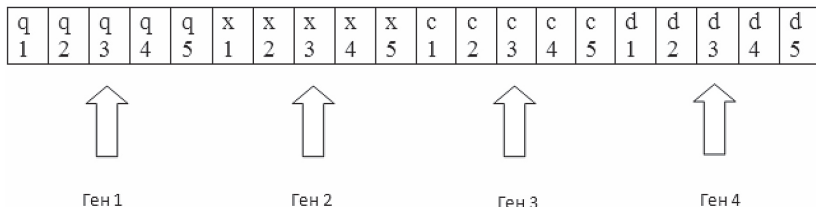


Рис. 3. Схема хромосомы

Например, для того, чтобы сделать поиск решения, мы используем популяцию из 5 хромосом. Сначала осуществим генерацию 5 случайных возможных вариантов решений:

$$F(q,x,c,d), q,x,c,d \in \{1, 2, 3 \dots 30\}, \quad (6)$$

и сделаем связь каждого варианта и ошибки в решении:

$$\delta = | F(q,x,c,d) - FD(q,x,c,d) |. \quad (7)$$

В табл. 1 дана демонстрация вариантов решений (используется десятичный код).

Основная идея функционирования ГА состоит в том, чтобы происходило выживание хромосом, которые имеют меньшую ошибку в решении. В этой связи относительная пригодность хромосомы описывается на основе формулы $ОП=1/\delta$.

Таблица 1.

Варианты решения			
Номер хромосомы	Вариант (x1, x2, x3, x4)	Ошибка δ	ОП
1	(1, 29, 14,4)	82	0.013
2	(13,8,1,3)	23	0.039
3	(12,4,6,2)	25	0.037
4	(22,8,15,18)	131	0.0071
5	(8,12,4,1)	26	0.034

Для того, чтобы вычислить вероятность отбора хромосомы для будущей популяции, мы можем воспользоваться формулой

$$P_i = \frac{ОП_i}{\sum_{i=1}^5 ОП_i} \quad (8)$$

Результаты использования этой формулы показаны в табл. 2.

Таблица 2.

Вероятность отбора хромосом		
Номер i	P_i	$U_i, \%$
1	0.013/0.135=0.096	9.6
2	0.039/0.135=0.288	28.8
3	0.037/0.135=0.274	27.4
4	0.0071/0.135=0.05259	5.259
5	0.034/0.135=0.2518	25.18

Для того, чтобы сделать дальнейший выбор хромосом мы воспользуемся методом колеса рулетки. При этом для каждой из хромосом мы ставим в соответствие сектор на колесе U_i (рис. 4).

После того, как произошло каждое вращение колеса, происходит выбор какого-то сектора, то есть хромосомы. После того, как произошло 15 вращений колеса, отбираются 15 хромосом, из них на основе случайного закона происходит формирование 5 пар для того, чтобы осуществлялось скрещивание. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

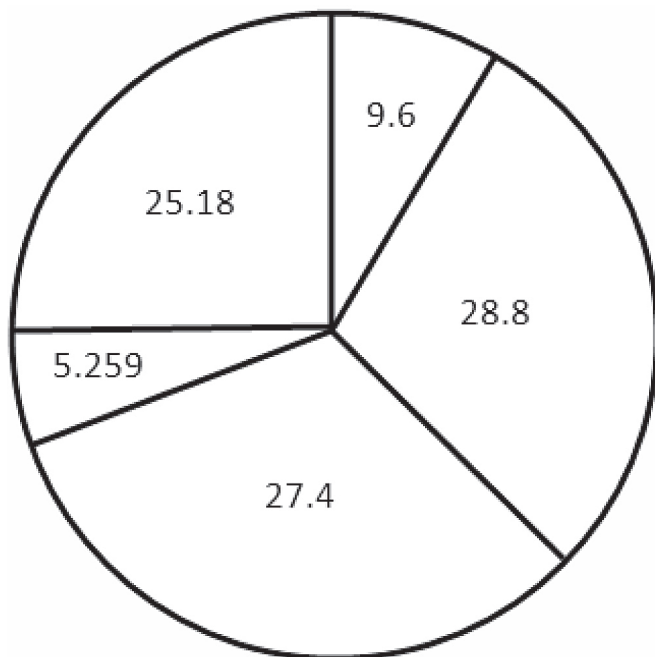


Рис. 4. Распределение секторов рулетки

Таблица 3.

Результаты отбора на основе метода колеса рулетки

Номер і отца	Номер і матери
2	2
4	3
2	5
3	4
4	4

В соответствии с табл. 2 самую плохую хромосому 4 мы ни разу отобрали для скрещивания. Хромосому 1 мы выбирали для скрещивания всего один раз, а хромосомы 2, 3и 5 мы отобрали часто, так как им соответствует высокая ОП.

Следующей генетической операцией является скрещивание. Средней ошибкой решения для популяции потомков является 37, Но для первоначальной популяции значение этого коэффициента было 57.

Рассмотренный подход может быть использован для широкого класса электродинамических структур [13–17].

В результате оптимизации нами было установлено, что для частоты 10 ГГц при угле наблюдения 30° величина уровня эффективной площади рассеяния не превышает 20 дБ при размерах элемента периодической структуры 1.5λ и расстоянии между элементами 3.2λ .

Вывод. В работе проведено моделирование рассеяния электромагнитных волн на электродинамической периодической структуре. Рассмотрен алгоритм оптимизации (генетический алгоритм), с использованием которого возможно определение параметров электродинамической структуры, при которых достигаются требуемые значения характеристик рассеяния для заданного угла наблюдения.

Список литературы

1. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13–14.
2. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wifi // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 13.
3. Пекшев Г.А., Скляр А.Г. Некоторые свойства лучевых методов, используемых для анализа распространения электромагнитных волн // В мире научных открытий. 2015. № 12. С. 17–23.
4. Пекшев Г.А., Скляр А.Г. Проблемы управления рассеянными электромагнитными полями // В мире научных открытий. 2015. № 12. С. 24–30.

5. Максимова А.А., Юрочкин А.Г. Методы исследования характеристик рассеяния электромагнитных волн объектами // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 16. С. 53–56.
6. Кеванишвили Г.Ш. О дифракции плоской электромагнитной волны на решетке, составленной из прямоугольных пластинок / Г.Ш. Кеванишвили, Д.К. Квавадзе, П.И. Бекаури // Радиотехника и электроника, 1966. Т. 11. № 1. С. 136–139.
7. Глотова Т.В. Применение гибридного метода для расчета характеристик рассеяния объектов над шероховатой поверхностью // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 11.
8. Щербатых С.С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 10.
9. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 4.
10. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. М.: Мир, 1977. 485 с.
11. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. М.: Физматлит, 2006. 320 с.
12. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 2026.
13. Канавин С.В., Лукьянов А.С. Перспективы применения систем мобильного широкополосного доступа в сетях подвижной радиосвязи на основе стандартов mobile WIMAX и LTE // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 16. С. 79–82.
14. Кульнева Е.Ю., Гащенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 52. С. 50.

15. Баранов А.В. Проблемы функционирования meshсетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49–50.
16. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60–62.
17. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153–156.

References

1. Golovinov S.O., Khromykh A.A. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 13–14.
2. Kazakov E.N. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 13.
3. Pekshev G.A., Sklyar A.G. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015. № 12, pp. 17–23.
4. Pekshev G.A., Sklyar A.G. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015. № 12, pp. 24–30.
5. Maksimova A.A., Yurochkin A.G. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2016. № 16, pp. 53–56.
6. Kevanishvili G.Sh., Kvavadze D.K., Bekauri P.I. *Radiotekhnika i elektronika*, 1966. V. 11. № 1, pp. 136–139.
7. Glotova T.V. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 11.
8. Shcherbatykh S.S. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2016. № 1. P. 10.
9. Boluchevskaya O.A., Gorbenko O.N. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2013. № 3. P. 4.
10. *Vychislitel'nye metody v elektrodinamike* [Numerical methods in electrodynamics]/ R. Mitry (ed.). M.: Mir, 1977. 485 p.
11. Gladkov L.A., Kureychik V.V., Kureychik V.M. *Geneticheskie algoritmy* [Genetic Algorithms]. M.: Fizmatlit, 2006. 320 p.

12. Erasov S.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2013. № 10. P. 2026.
13. Kanavin S.V., Luk'yanov A.S. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2016. № 16, pp. 79–82.
14. Kul'neva E.Yu., Gashchenko I.A. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii*. 2014. № 52. P. 50.
15. Baranov A.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 49–50.
16. Miloshenko O.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2012. № 9, pp. 60–62.
17. Mishin Ya.A. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy*. 2013. № 10, pp. 153–156.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

*Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73А, Воронеж, Воронежская обл., 394043, Рос-
сийская Федерация
komkovvvt@ya.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Preobrazhensky A.P., Choporov O.N.

*Voronezh Institute of High Technologies
73A, Lenin Str., Voronezh region, 394043, Russian Federation
komkovvvt@ya.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-108-122

COMPONENT SUPPLY MODEL FOR REPAIR ACTIVITIES NETWORK UNDER CONDITIONS OF PROBABILISTIC INDEFINITENESS

*Stroganov V.Yu., Faddeeva E.Yu., Sakun B.V.,
Satyshev S.N.*

This article contains the systematization of the major production functions of repair activities network and the list of planning and control functions, which are described in the form of business processes (BP). Simulation model for analysis of the delivery effectiveness of components under conditions of probabilistic uncertainty was proposed. It has been shown that a significant portion of the total number of business processes is represented by the management and planning of the parts and components movement. Questions of construction of experimental design techniques on the simulation model in the conditions of non-stationarity were considered.

Keywords: *repair; delivery; transportation; planning; inventory management; simulation modelling.*

1. Introduction

The widespread application of advances in new information technologies requires the improvement of decision-making support systems in the field of enterprise management based on a powerful hardware and software base [1]. Acting under conditions of market economy the principle of self-financing requires providing of the company's interest in a realistic assessment of components transportation costs in the production network of repair activities [8–10]. The structure of the transport link in the repair activities network should be flexible

enough to ensure frequent and 24/7 delivery of goods in order to maintain the rhythm of the production cycle [11, 12]. For the systematic and balanced development of any business, especially for large repair activities that provide transportation across the region, it is necessary to introduce new technological and technical solutions, information and telecommunication technologies, new forms of management solutions, development and implementation of methods for rapid collection and analysis of survey results during inflow of component orders [10, 13, 14].

2. Problem statement

In general, the transport component of the repair activity network with geographically distributed structure can be formalized in the form of a weighted graph [11]:

$$G = \langle \{W_i : i=1..I\}, \{E_{j,j} : i, j=1..I\} \rangle,$$

where: $\{W_i\}$ – the set of graph nodes corresponding to the production sites of repair activity; $\{E_{j,j}\}$ – set of arcs of the graph G , which define the intensity of the flows on the component transportation in the form of distribution $\mathbf{P} = \{P_{j,j}\}$. According to annual data, the statistical analysis of the needs of various component categories was conducted for the purpose of the simulation model parameterization (figure 1).

Indeed, for category A and B the common share was about 20%, while for category D – more than 60%. More uniform situation was observed in groups of components.

Thus, the replacement of hydraulics was more than 20%, of engine parts – 16%, of units and chassis together – about 11%, etc. In terms of supplying companies out of 25 thousand obtained components were HITACHI (11721 pcs.) and FIAT-HITACHI (3601 pcs.), which accounts for over than half of all deliveries.

The joint distribution of components in categories and groups is represented in Table 1.

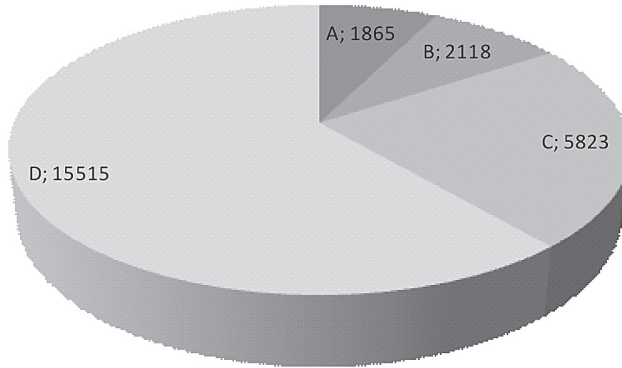


Fig. 1. Component distribution diagrams by categories

One of the objectives is aimed at modelling the delivery of components for the circular route, the general scheme of which is shown in Figure 2. Suppose we have N sites of repair activity. At each site there is a need for a random amount of components from another ξ_n (Poisson distribution $P_k = \sum_{i=0}^k \frac{e^{-\lambda} \lambda^i}{i!}$ is anticipated in the operation). The number of intermediate sections at movement of each component position is also determined by a random variable h with parameter b (independent from the binomial distribution) [2]:

$$P_k = \sum_{i=0}^k \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i} \tag{1}.$$

Table 1.

The ordered quantity of components of different categories

Amount per field Z_{com}	ABCD				
	A	B	C	D	Total
Group					
Machinery	31	75	247	547	900
Hydraulics	76	342	1460	2522	4400
Motor	122	275	782	2269	3448
Buckets	5	31	102	163	301
Oils	56	32	51	107	246
Implements	35	94	389	840	1358

End of the Table 1.

Others	390	511	1459	4453	6813
Spare parts service	64	36	58	103	261
Filters	611	227	248	487	1573
Chassis	227	227	453	595	1502
Electrical engineering	17	44	139	451	651
Grand total	1634	1894	5388	12537	21453

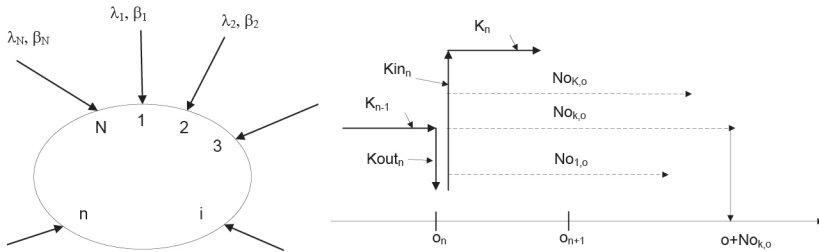


Fig. 2. Parameterization model scheme by circular route

The first task of modelling is to generate the sample path simulation of random processes of the loaded (K_{in}), unloaded (K_{out}) and the remaining amount (K) of components. As the timeline the serial numbers of sites that define the transport facility route are used.

As initial conditions the following values $K_{in}_n=0$, $K_{out}_n=0$, $K_n=0$ are chosen.

At each site the process of loading/unloading of components is modelled, which is taken place by the scheme:

1. The component unloading – K_{out}_n (calculated in the previous steps).

2. Playing a number of embedded parts with the Poisson distribution ($K_{in}_n=rpois(1, \lambda_n)$).

3. Calculating the number of components remaining in the transport facility:

$$K_n := K_{n-1} - K_{out}_n + K_{in}_n \tag{2}$$

4. For each loaded component the number of intermediate sections is taken place by the binomial distribution $No=rbinom(1, N, m)$. Fur-

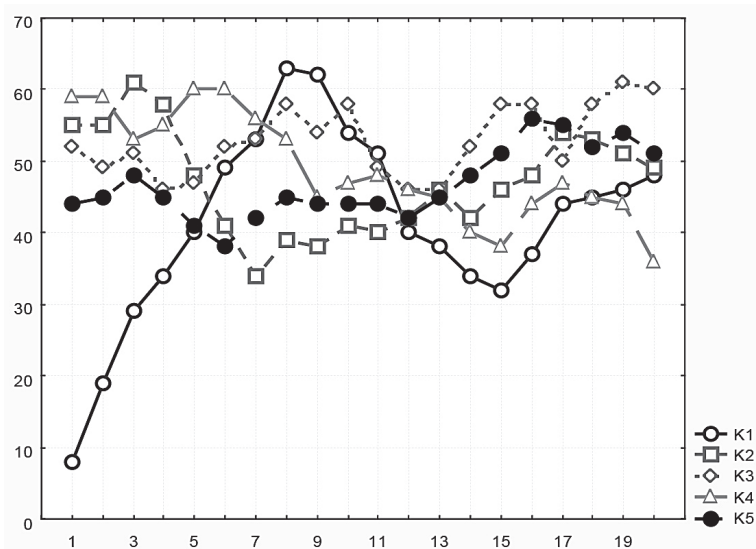
ther, the processes merge in a single cycle of this route with their reference to the numbers of sites.

The interest in this case is the problem of stationary process estimating [6–8]. To solve it, you can exclude the first few cycles, and then combine the remaining for statistical processing and subsequent evaluation of the integral characteristics [3, 4].

The initial state of the model greatly influences the stationary path (Figure 3a). The graphs show that in the first cycle (the initial state of empty transport facility) of circular route there is a clearly non-stationary process.

A more detailed analysis is shown in Table 2. It is evident that the initial stage represents the growth of the average value during the variance fall. Furthermore, the skewness of the first cycle is clearly different from other cycles.

Built autocorrelation function of the vehicle load process (Figure 3b) suggests the possibility of a sufficiently accurate forecast in view of inertial nature at an early stage.



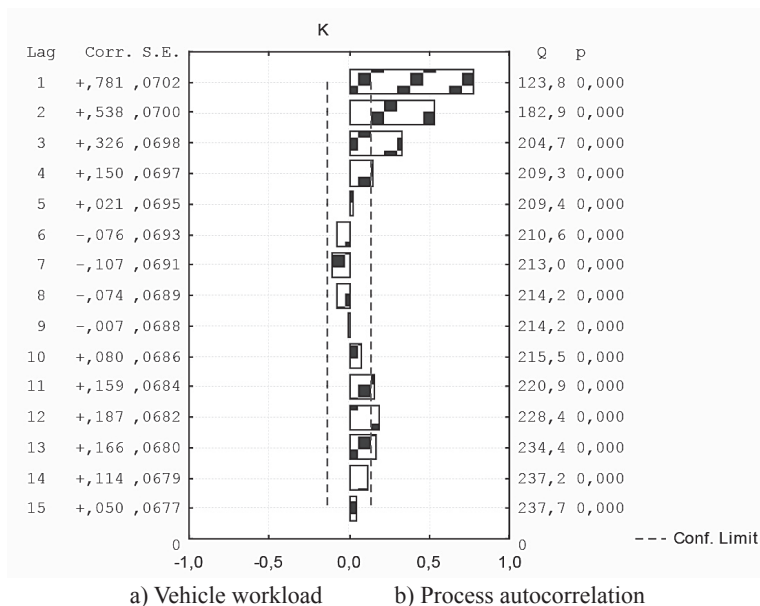


Fig. 3.

Table 2.

Descriptive statistics of component supply cycles

Variable	Descriptive adjectives									
	Average	Confidence interval -95,000	Confidence interval +95,000	Median	Minimum	Maximum	Variance	Standard deviation	Standard error	Skewness
K1	41,30	35,01	47,58	42,00	8,00	63,00	180,11	13,42	3,00	-0,65
K2	47,05	43,58	50,51	47,00	34,00	61,00	54,68	7,39	1,65	0,16
K3	52,90	50,57	55,22	52,00	46,00	61,00	24,72	4,97	1,11	0,10
K4	49,00	45,52	52,47	47,00	36,00	60,00	55,05	7,42	1,65	0,08
K5	46,70	44,37	49,02	45,00	38,00	56,00	24,74	4,97	1,11	0,44
K6	50,05	46,48	53,61	60,00	38,00	63,00	57,94	7,61	1,70	0,20
K7	41,70	39,69	43,70	42,00	34,00	49,00	18,32	4,28	0,95	0,05

The developed simulation model allows you to load the vehicle on an unlimited capacity for circular route. Figure 4 shows a load di-

agram for the input streams, where on the objects 5 and 12 there is an increased flow of loading components.

The diagram shows the cyclical nature of the vehicle load, which is determined by the structure of the input streams on the movement of certain groups of components. Such information provides the basis for calculating the required number of the vehicles under probabilistic indefiniteness.

In terms of evaluation of non-stationary processes during the work, the trend concept $G(t) = M\xi(t|S_0)$ of conditionally non-stationary process is used as the basic models, where S_0 – is initial simulation conditions.

Thus, the process is inertia-free when $\forall t > 0 G(t) = 0$. This condition is satisfied only when the sample values are independent, and their mathematical expectation – unbiased functional estimator. The process is inertial when $\exists t^* > 0: G(t^*) \neq 0$ and $\lim_{t \rightarrow \infty} G(t) = 0$.

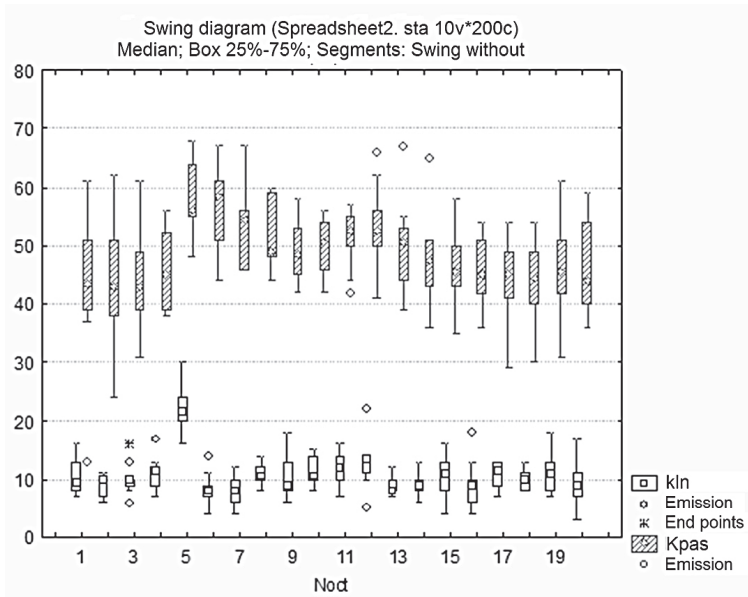


Fig. 4. Diagram of vehicle capacity on circular route

The condition of the limit existence is performed because of the existence of a stationary test process distribution. It is shown that the monotone trends are rather typical for the simulation of output delivery processes under probabilistic indefiniteness [4, 5].

Monotony properties make it possible to investigate the quality characteristics of the processes, which include the stochastic procedure between random variables ξ_1 and ξ_2 , which is determined by the ratio

$$\xi_1 \prec \xi_2 \Leftrightarrow \Phi_1 \prec \Phi_2, \Phi_1 \prec \Phi_2 \Leftrightarrow \forall x, \Phi_1(x) \geq \Phi_2(x). \quad (3)$$

where “ \prec ” – stochastic order ratio; Φ_1, Φ_2 – distribution functions of random variables ξ_1 and ξ_2 .

The planning procedure of simulation model experiment in the conditions of non-stationarity is provided below. The described steps of simulation can be represented in the form of static structure diagrams of simulation classes and dynamic charts of activity, conditions, sequence and interaction diagrams.

As an experiment plan for the simulation model it is proposed to use rotatable design, in which the optimality criterion is the condition $\sigma_y^2 = const$ at the same distance of experiment points from the center.

If there are two-factor plans, the plans are examples of rotatable plans represented by the vertices and at least one central point of any (n-1)-dimensional regular polygon, which can be inscribed in a circle [12].

Uniform location of points on the sphere results in degenerate matrices.

To eliminate the degeneracy the zero-radius sphere with several central points is used.

Thus, the estimated coefficients are calculated on the basis of the following ratios [16]:

$$b_0 = \frac{A}{N} [2\lambda^2(n+2) \sum_{j=1}^N x_{j,0} \bar{y}_j - 2\lambda C \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N x_{j,i} \bar{x}_j] \quad (4)$$

$$b_i = \frac{A}{N} \left\{ C^2 [(n+2)\lambda - n] \sum_{j=1}^N x_{j,i} \bar{y}_j + C^2 (1-\lambda) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N x_{j,i} \bar{x}_j - 2\lambda C \sum_{j=1}^N x_{j,0} \bar{y}_j \right\} \quad (5)$$

$$b_i = \frac{C}{N} \sum_{j=1}^N x_{j,i} \bar{y}_j, \quad b_{ij} = \frac{C^2}{N\lambda} \sum_{u=1}^n x_{ui} x_{uj} \bar{y}_u \quad (6)$$

where N_w – the number of points on a radius sphere P_w ; k – sphere number ($k=3$).

Check of coefficient significance is conducted by t-Student's test.

Estimates of the coefficients variance are calculated according to the formulas

$$S_{b_0}^2 = \frac{2A\lambda^2(n+2)S_y^2}{NP}, S_{b_u}^2 = \frac{A[(n+1)\lambda - (n-1)]C^2S_y^2}{NP} \quad (7)$$

Check of the model adequacy is based on the use of Fisher's method [16].

The proposed experimental plan for the simulation model is used to solve the problem of optimizing the components delivery, which has internal contradictions. In terms of customers (industrial areas) it is profitable to assign more vehicles of increased capacity. For the transport link it is economically feasible to carry out the transportation of the smallest possible amount of vehicles.

As a compromise criterion it is proposed to use a minimum of reduced expenditures (E), which is the value of loss of waiting time and Auto-Transport Enterprise costs E_{ATE} on transport facility operation, i.e., $E_{min} = (T_{\Sigma}C + E_{ATE})$, where T_{Σ} – the total cost of the waiting time of all components; C – cost estimate of waiting loss. In expanded form, this criterion can be written as

$$E = \min\left(\sum_{i=1}^l \left(\sum_{j=1}^m T_{exji} S_{ji}\right) \cdot 60t_i C + E_{ATE}\right) \quad (8)$$

where: m – number of areas; T_{exji} – the average loss due to the expectation of appropriate component in the i -period of time; S_{ji} – the intensity of the applications for the component transportation on the j -site in the i -period of time. All variables expressions are counting functions and tonnage of the vehicle.

The problem of motive power selection is under the condition, when vehicle capacity (V) is selected from a predetermined number of fixed values [14, 15].

A special feature of this approach is to examine the capacity and amount of vehicles (N) as the independent variables, i.e., both of these

parameters are calculated on the basis of the available flows of applications for moving of components.

To solve the optimization problem we propose to use numerical methods based on the search engine optimization [4]. Algorithmic diagram of the motive power selection is shown in Figure 4.

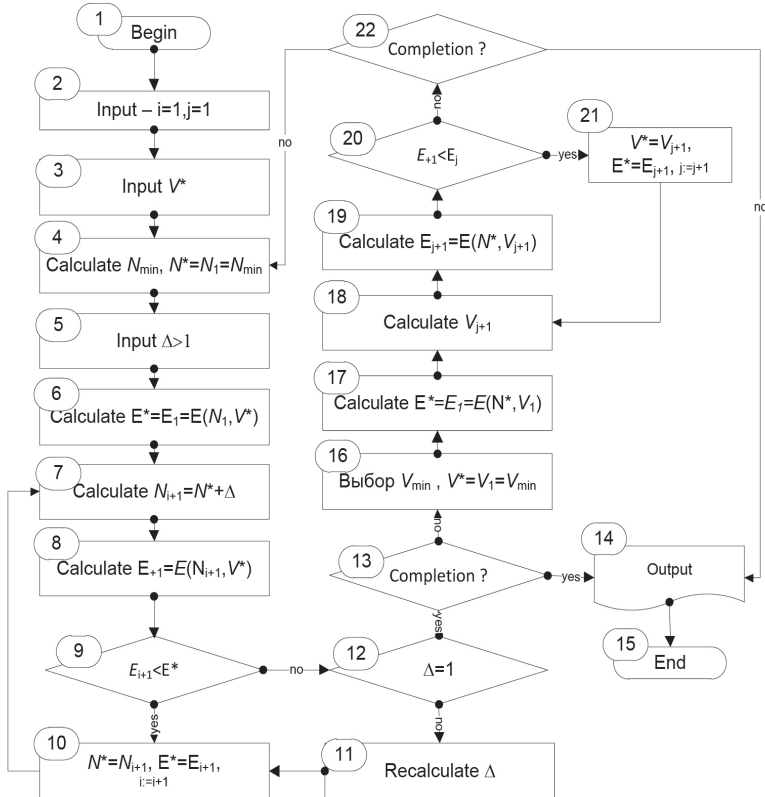


Fig. 4. A generalized diagram of the vehicle number and optimization of their capacity

The ideal case is when it is possible to select and use in different periods of time (depending on the intensity of the application flows for moving of components) the transport facilities of different sizes and

in the required quantity. However, in most cases it is not possible to change the rolling stock. If such a possibility appears, the optimization is carried out for each such period. Therefore, taking into account the different needs of moving parts in time, modification of the above described algorithm was developed, in which the capacity of the vehicle is selected constant during the operating time and the number of the vehicle is differentiated by a predetermined time period (Figure 5).

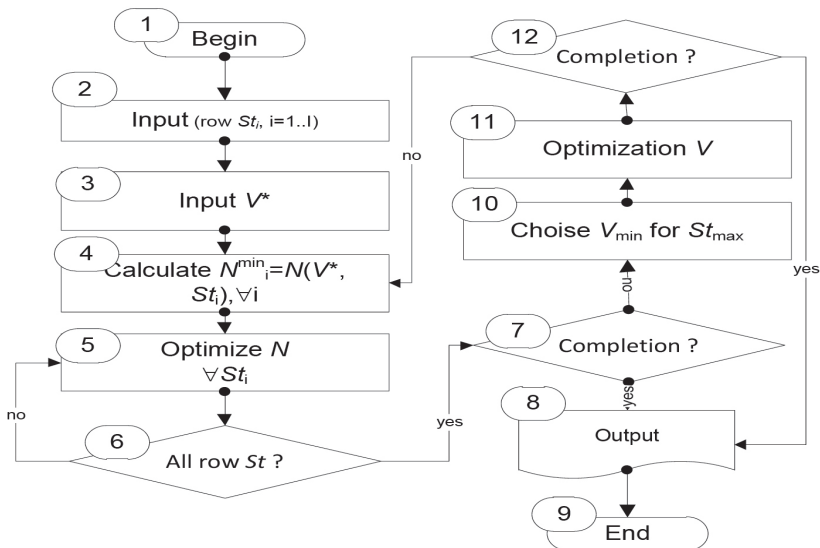


Fig. 5. The algorithm scheme of vehicles quantity optimization and their increased capacity

Block 4 calculates the minimum number of the vehicle at a given capacity for each stationary period of passenger traffic flow. Block 5 optimizes the vehicle number of this capacity for the next stationary period of applications flow for moving the components on the basis of the operations provided in blocks 5–12 of scheme shown in Figure 4. Block 10 implements a choice of minimum allowable capacity of a given number of capacities under the number of vehicles, corresponding to the intense flow stationary period.

In block 11 the capacity optimization is performed for the most intense flow stationary period of applications for the movement of components on the basis of the operations provided in blocks 17–21 of scheme shown in Figure 4.

Each iteration process includes the optimal capacity of the vehicle, corresponding to the most intense period, and then it determines the optimal vehicle quantity of this capacity for each of the periods.

The condition for ending the decision making search in this case is found by coincidence of vehicle cargo capacity and the vehicle quantity for each of the periods on current and previous iteration.

3. Conclusion

Therefore, basic systematization of production functions of repair activities network and the list of planning and control functions, described in the form of business processes (BP), were made. The formal description of BP “Planning, accounting and control of movement of components”, allowing you to create a work schedule of vehicle, is offered for transport-level repair facility. There is a simulation model of the movement of components under probabilistic uncertainty that allows us to estimate the vehicle congestion on the route depending on the intensity of the input stream and the average number of sections of the production repair activity network. The statistical analysis of the needs of different groups of components and accessories categories was conducted according to annual data for the purpose of parameterization of the simulation model. The planning procedure of the experiment on the simulation model in the conditions of non-stationary applications flow was proposed. Stages of simulation are presented in the form of static structure diagrams of classes and dynamic charts of activity states, sequence and interaction diagrams.

The problem of motive power selection is under the condition, when vehicle capacity is selected from a predetermined number of fixed values. A special feature of this approach is to examine the ca-

capacity and number of the vehicles as the independent variables. In order to solve the optimization problem we propose the use of numerical methods based on search engine optimization.

The algorithm for selecting the composition of the vehicle based on the non-stationary applications flow for movement of components was developed.

References

1. Aleksakhin S.V. Automated control systems on the motor transport. Tutorial for higher education institutions. Moscow: Academia, 2011. 288 p.
2. Bashina O.E., Spirin A.A. General theory of statistics. Statistical methodology in studying of commercial activity. Moscow: Finance and methodology in studying of commercial activity. Statistics, 1999. 458 p.
3. Burkov V.N. Korgin N.A., Novikov D.A. Introduction to the theory of management of organizational systems. Moscow: Librokom, 2009. 264 p.
4. Wagner G. Bases of research of operations. Moscow: World, 1972. 371 p.
5. Ivakhnenko A.M., Akhokhov A.Ch. Modeling of quality control of technological processes and industrial output. Monograph// Moscow: "Tekhpolygon" 2008. 146 p.
6. Karasyov A.A., Stroganov D.V., Solntsev A.A., Yakunin P.S., Batov R.V. Influence of entry conditions and duration of modelling on characteristics of conditional and non-stationary processes//Science and education. MGTU of N.E. Bauman. Electronic journal. 2012. No. 4.
7. Karasyov A.A. Dynamic configuration of system of imitating modelling / Karasyov A.A., Prikhodko L.V., Falcon A.A., Yartsev M.I. // Imitating modelling of control systems. M.: MADI, 2012, pp. 7–12.
8. Nikolaev A.B., Monitoring and modelling of operating modes of transport and technological machines / Nikolaev A.B., Pashayev M.Ya., Smirnov S.Yu., Atayeva S.K. // In the world of discoveries. 2015. No. 6 (66), pp. 9–18.
9. Nikolaev A.B., Stroganov V. Yu. Automated information processing systems and controls on the motor transport; the textbook for second-

- ary vocational education. Under the editorship of A.B. Nikolaev. Moscow: Publishing centre “Academy”, 2003. 224 p.
10. Nikolaev A.B. Analitiko-simulation modeling of technological processes of production, service and repair of road-building technique: Monograph / Nikolaev A.B., Dyomin V.A., Eskova I.A., Okunkova A.A., Prikhodko M.V. // Saint-Louis, MO, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2014. 242 p. ISBN 9780615671277
 11. Nikolaev A.B. Automation of planning and control in construction and on transport. Volume 1. Automation of planning when building distributive objects: Monograph / A.B. Nikolaev, A.Ch. Akhokhov, D.V. Zaytsev, S.N. Satyshev, V.Yu. Stroganov. Saint-Louis, Missouri, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2015. 330 p. ISBN 978-0-615-67148-2
 12. Nikolaev A.B. Automation of planning and control in construction and on transport. Volume 2. Control automation information software: Monograph / A.B. Nikolaev, B.V. Sakun, A.A. Solntsev, P. A. Timofeev, L.A. Hvoinsky. Saint-Louis, Missouri, USA: Publishing House Science and Innovation Centre, 2015. 436 p. ISBN 978-0-615-67148-2.
 13. Nikolaev A.B., Demin V.A., Eskova I.A., Prikhodko M.V. Using multilevel simulation models of regenerating processes when evaluating rhythmicity of production processes//International journal of advanced studies: Publishing House Science and Innovation Centre, Ltd. (St. Louis). ISSN: 2328-1391. No.: 3 (3), 2013, pp. 10–16.
 14. Nikolaev A.B. Ismailov A., Lvova A., Ostroukh A.V. Organization and Management of Transport Provided for the Guests and Participants of the Olympic Games // Middle-East Journal of Scientific Research. 2013. Vol. 17 (8), pp. 1098–1104.
 15. Nikolaev A.B., Prikhodko V.M., Stroganov V.Y., Tregubov P.G. Tools of production and logistics support life cycle of high-tech products// Life Science Journal 2014; 11 (10s), pp. 238–242.
 16. Shannon R. Imitating modeling of systems – art and science. M.: World, 1978. 655 p.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Stroganov Victor Yurievich, Laureate of the Government Prize of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Systems of information processing and management»

Moscow State Technical University – National Research University of Engineering and Technology

5, 2-ya Baumanskaya, Moscow, 105005, Russian Federation

str.madi@mail.ru

Faddeeva Ekaterina Yurievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

64, Leningradsky prospekt, 64, Moscow, 125319, Russian Federation

jointlab@mail.ru

Sakun Boris Vladislavovich, Candidate of Technical Sciences

General Society with limited liability “TSM”

26 a, Khamovnichesky Val, Moscow, 119048, Russian Federation

info@tsm-msk.ru

Satyshev Sergey Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Organization and traffic safety»

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

64, Leningradsky prospekt, 64, Moscow, 125319, Russian Federation

satmadi@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-123-136

CONCEPTUAL MODEL OF INFORMATION SYSTEM OF THE AGRICULTURAL ENTERPRISES

Uladzimir Buts, Zhang Tszindong

Abstract. Research subject represented by the theoretical and practical issues use of information resources in the agricultural business.

Research aim is to formation of a conceptual model of information system of agricultural enterprises according to the requirements of sustainable development.

Research methods. The work is prepared on basis of several scientific methods and approaches including monographic, analytical, computational and constructive methods of mathematical and structural logic simulation of information systems.

Research results. Based on the assessment of the results of research information systems in agribusiness, as reflected in the theoretical review, the author designed principles of the information system for the agricultural enterprise for sustainable development of agribusiness.

Sphere of application of the research results. State and regional authorities of economic regulation. Agricultural enterprises and farmers.

Keywords: *agricultural enterprise; information system; sustainability agricultural production; software.*

1. Relevance of the problem

Strong recovery of China's economy, a substantial increase in the gross domestic product (GDP), while the economic development of China's agriculture is relatively slow, China's agricultural economy in the proportion of the total GDP is declining. How to accelerate the development of agricultural economy, enhance the effective utilization of agricultural information resources, active modernization of China's

agricultural become the point of China's Computerization construction. China's agricultural Computerization construction and development of agricultural economics is to develop and the use of agricultural information resources for the core, to promote the government agricultural departments', agribusiness' and farmers' use of information technology, to promote agricultural production Computerization, agricultural operation Computerization, agricultural management Computerization, agricultural services Computerization for the goal. At present China's rapid agricultural development of information resources use and develop, also has a certain foundation scale, but equally highlight many problems:

- Such as category of agricultural information resources is complex, classification is not clear;
- The low-quality agricultural information resources, poor timeliness, inefficient use; feeding and receiving of agricultural information resources appear interruption;
- The Farmers insufficient attention to agricultural information resources lead to cuts and reduction;
- The enterprises have no enthusiasm to develop agricultural information resources due to the weak of IP-building.

This paper through studies the Utilization efficiency of agricultural information resources affect the economy of agriculture by TAM/TTF integration model ,to explore the importance of agricultural information resources and the role of agriculture information resources in agriculture economic aspects.

1.1. Problem investigation degree

Increased activity of scientific research application of information systems in the economy connected with the beginning of the XX century. In the world of economic thought special attention paid to these problems neoclassical and neoinstitutionalists. Notable researchers use information systems in the economy and society should be mentioned, such as Ch. Babbage, F. Hayek, F. Knight, K. Boulding, J. Sti-

gler, J. Stiglitz, D. Akerlof, R. Coase, K. Arrow, D. North, M. Spence, F. Machlup, T. Umesao, I. Masuda, M. McLuhan [1, 2]. As result of their studies formed the economic theory of information. In a study of the impact of information and information technologies in the development of production, special attention should be working T. Sakayi, T. Stewart, P. Pilzer, L. Edvinsson, M. Malone, E. Weizsacker [3, 4]. The study of the practical aspects of the use of various information technologies in the management of enterprises engaged P. Drucker, P. Strassman, D. Trout, S. Bir, R. Ackoff, Y. Malhotra, T. Davenport, B. Goldstein, G. Poppel, L. Prusak, B. Lev, M. Earl [5, 6, 7].

1.2. Problem statement

Agricultural information resources can divided into two categories: one for the traditional use of natural resources for agricultural production; the second comprises the features of modern agricultural production, which characterizes it as a socio-economic information. Among the first category of information, information on natural resources, including climate, information on soils, water resources, the growth of crops, pest and diseases, natural disasters. Among the social and economic encouraged provide information on the functioning of agricultural markets, legal and administrative, achievements of agricultural science and education. Information on the use of natural resources is a fundamental part of agricultural information resources, independent of traditional agricultural production and use of long-term information, is the modernization of the basic information needed for agricultural production. Socio-economic information differs from the information for the traditional agricultural tools to improve production efficiency and improving its structure.

2. Model and methods

Now agricultural information Resources seemingly larger volume and variety, it is important that agricultural producers in the utilization of agricultural information resources. On China's utilization of agri-

cultural information resources evaluation methods, the paper selected TAM / TTF integrated model, the use of the complementarity between TAM model and the TTF model, the formation of a complete evaluation of the utilization of agricultural information resources (see Figure 1).

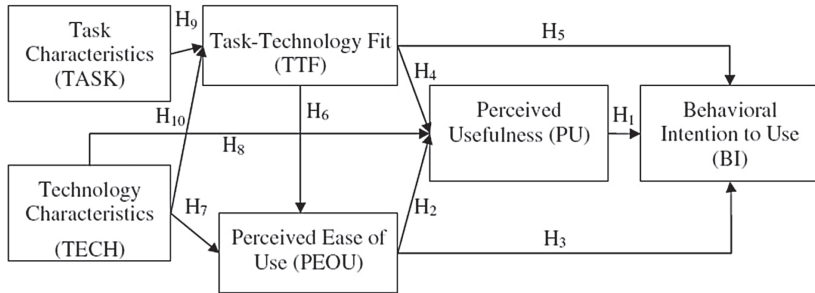


Figure 1. Integrated theoretical model of TTF and TAM [8–12]

TAM model. In 1986, Fred Davis rational behavior based on the theory proposed technology acceptance model in his doctoral thesis, tried to explain the reasons affect the user to accept or reject an information technology [8]. This model is constantly being tested and expanded, and is proven to be successfully used in a large number of prediction, interpretation and evaluation information system analysis. TAM believe the intent usability and usefulness of intent are two key factors affecting the use of information resources system, external variables indirectly affect attitudes and behavior intended use and, ultimately, used to establish the model in Davis and other researchers to technology acceptance model-based model for the expansion of established, there are 10 pairs of relations:

- 1) ease of use – perceived usefulness,
- 2) perceived usefulness – use attitudes,
- 3) ease of use – use attitudes,
- 4) attitude – behavioral intention,
- 5) usability – behavioral intention,
- 6) usefulness – behavioral intention,

- 7) Attitude – end use,
- 8) Behavioral intentions – end use,
- 9) Ease – end use,
- 10) Usefulness – end use.

TAM model established from the user to explore the attitudes and behavior information resource system usage, but there is no information technology for its own internal factors, it is not conducive to the quality of the IT itself on the use of information resources systems analysis and interpretation.

TTF model. Goodhue and Thompson (1995) believe that the model was used to study information systems such as TAM [9]. TRA is mainly targeted users of the information system by the attitude and behavior of the final effect of the use of the model, without considering the actual use (Users and Technology) and adaptation of tasks and technology between the Tasks of technical adaptation therefore proposed model. TTF considered a match between information technology and it needs to complete the task can be a good evaluation and interpretation of the information system. TTF model has four main factors: The first is the task characteristics and technical features, which together affect the task of technical adaptation, technology adaptation and task forces ultimately affect the final intended use and actual use [10].

TAM/TTF Integration Model. Dishaw and Strong (1999) first time TAM model and combine to form TTF model TAM / TTF integration model for interpretation and evaluation of information systems [11]. TAM model will focus on users and the lack of IT itself TTF model. Features and you need to focus on information technology and adaptation between tasks characteristic integrate the use of user behavior and mentality, through the internal factors (functional information system technology to affect the user behavior) as well as external factors (user behavior affect the user's cognitive information systems) both more complete interpretation and evaluation of information systems. There for this paper TAM / TTF integrated model for the utilization of agricultural informa-

tion resources in China to study the function of internal factors from both agricultural information resources people use behavior affecting. Agricultural information resources for agricultural producers and agricultural producers from both external factors awareness of the usefulness of agricultural information resources and ease China cognitive research utilization of agricultural information resources both to further explore the relationship between China and the utilization of agricultural information resources in agriculture between China's economic production [12].

3. Results

Information technology and systems that enhance the quality of information to ensure the economic stability of the enterprises are encouraged to consider by economic sustainability.

Organizational stability characterizes the stability of the internal organizational structure (Company structure and relationships of its main divisions) and established and operational links between the Departments, the efficiency of joint work depends on the regularity of procedures and processes paperwork. Our studies show that 75% of staff time utilized on training, maintenance, filling up, search and transmission of various documents. It consequently the introduction of electronic document management system, which is a set of software and hardware, providing the automation of work with documents throughout their life cycle and processes of information interaction of employees across the enterprise.

Today the market offers information services systems such as the "platform for managing business processes and documents DocsVision» (Company «DocsVision»); "Document Management: software LanDocs» (LANIT group); "BUSINESS" (company "Electronic Office Systems"); "The system of electronic document management and office automation" Euphrates-Document Management "(Company Cognitive Technologies);

Since 2001, the increasing popularity began to gain the concept of "enterprise content management (Enterprise Content Management – ECM) ». ECM-system – the system of enterprise content management,

which developed for storing and processing unstructured data (text documents, images, spreadsheets, etc.). Common data applications ECM-system allows to not only create and access them from different sources and easily manipulate them. The main objective of ECM-systems – to ensure efficient management of the accumulated information assets of the enterprise in order to increase productivity and ensure the company's sustainable competitive advantage.

The level of technical stability of agricultural enterprises in the contemporary economy largely depends on the technical base of the company, corresponding to modern requirements of scientific and technological progress. Modern agricultural machines presented on the market diverse range of brands and models. Of particular interest are the machine tools based electronics and information technology, the use of which is aimed at improving the quality and quantity of output, fuel economy, as well as to improve the comfort of work, management techniques and monitoring of technological operations. As a result, documentation of production processes and product quality indicators of farm managers receive quality information for production management.

For example, the system CLAAS TELEMATICS allows you to get information from the combine. With it you can diagnose the car, find out what the performance, whether all adjustments, which employs processor, whether the fuel is used efficiently, etc. The system can be installed on all harvesters CLAAS. Information System AFIS Agtron company DEUTZ-FAHR includes a terminal display and service through which you can manage all hinged instruments with the appropriate equipment.

Solutions using GPS systems enable us to satisfy the requirements of precision farming. These systems help the driver to precisely the band when working with tools with a large width, regardless of the time of day and weather conditions. The navigation system works with an accuracy of a few centimeters, allowing better use of working width and achieve higher performance. In addition, fuel economy, which is especially important in light of the highenergy prices.

Production stability characterized by the ability of the enterprise to achieve planned business results through effective use of available resources.

Animal of the XXI century is inconceivable without electronic control systems herd – automated system that allows you to keep all the data on the status of the animal in a computer database. Because of this, all the information about diseases, pregnancy, and must always be available to those skilled in the farm. Electronic control systems make it possible to keep track of virtually all parameters of heredity in the herd. Daily information on technical and veterinary data, allows you to organize the work of specialist dairy farm based on reliable information, fully control the situation on the dairy farm, to take timely managerial decisions and develop a plan of action.

Examples can serve as a system of farm management DelPro™ (company DeLaval) for farms with a stanchion, herd management system ALPRO™ (company DeLaval), computerized farm management company SAEAFIKIM and others. The software package FARM software company Agrovision, is the most common software product Management for pig farms in Russia (more than 40 pig farms) and in most European countries. FARM software is a versatile software product that allows real-time to keep records of livestock farming, to analyze the situation in the economy and generate reports on the movement of livestock, for reproduction, fattening, calculation of cost, etc.

Social sustainability. The successful development of the agricultural enterprise depends largely on the personnel of the enterprise, its qualifications, ability and desire to work productively. Therefore, one of the key places in the overall strategy of the company is addressing the issue of effective human resource management. Over the last decade, the complexity of the problem of human resource management in diversified businesses increased significantly. This is due to the continued expansion of the functions assigned to personnel services, increasing the degree of diversity of information that must be processed,

or at least take into account, in personnel services, constant changes in the requirements as to the contents of this information and its presentation in various instances.

Today the market of information technologies can offer a range of full-featured system for personnel management is not inferior to Western counterparts either in functional or in technological capabilities. These systems allow you to perform tasks such:

Management structure and staffing of the enterprise; personnel Management; maintenance of personnel records; time management; timecard management; calculation and payroll, bonuses, taxes, single social tax; the administrative workflow management personnel and accounting work, certification and identification of needs (education, training) employees;

Formation of statistics, forms, and a variety of reports for internal and external use.

Examples of systems for personnel management can serve as a “system of Alfa / Personnel Management” (company “Informkontakt”); automated personnel management system BOSS-Personnel (Company “boss. HR Systems”), the contour of “Human Resources” (Corporation “Galaxy”), “1C: Salary and Personnel Management 8” (1C). An interesting development represented by 1C. “1C: Enterprise 8. Evaluation of staff” is a complete solution for automation of processes of personnel evaluation and design teams or teams on the basis of psycho-diagnostic test that allows you to automate testing during recruitment, appraisal, and to plan and monitor the development of the employees.

Environmental sustainability. In the second half of the twentieth century was the most pressing problem of reduction in crop production content of vitamins and minerals and accumulation products, both crop and livestock production of harmful substances (nitrates, pesticides, hormones, antibiotics, and so on. N.). the Reason – the degradation of soils. Unfortunately, in time the problem is not completely solved, nevertheless, it may be noted many positive achievements. An example is the GIS products, GIS technology, GIS services, which described above.

The functionality of the program “AdeptIS: Master planning in agriculture Version 3” for the 1C: Enterprise 8.0 include the ability to input the results of soil analysis (based on the chemical content), whereby using classifiers formed registers of land use and is determined by the need for fertilizer for each field. Results of analyzes of soil visual (color) are presented in the fields of electronic maps. There is also a possibility of optimal (cost) selection of fertilizers, providing the identified need for macronutrients.

Financial stability. The current stage of economic development characterized by an increase in volume of information resources, not in production only, investment, marketing activity, primarily in the financial activity of the enterprises. Efficiency and adequacy of the information display of financial transactions, the possibility of their accounting and analysis, prediction and control to extent depend on the implementation of the management of financial flows of modern information technologies. A significant role in the process of enterprise management plays accounting, where about 60% of all information. Computer accounting software market in Russia is represented by a wide range of options – from the most simple to branched, carrying out a wide range of operations with deep intelligence, “1C: Enterprise 8. Accounting agricultural enterprise” (the company “1C” and the company “AgroSoft”); “1C: Enterprise 8. Accounting poultry farm” (“1C” and “1C-Rarus” and “1C-Rarus NN”); “AdeptIS Accounting and records of agricultural organizations” (ZAO AdeptIS); Info-Accountant 10 (the company “INFO”) and others.

Marketing stability. The term CRM (Customer relationship management – Customer Relationship Management) designate, as a rule, not only information systems containing functions of customer relationship management, but also the very strategy of customer orientation, the essence of which – to combine different sources of information about customers, sales, responses on marketing activities, market trends, for the most close relations with customers.

Usually CRM-solution includes support for managing sales, marketing and customer service. Examples of these solutions are:

CRM-system “Marketing and Management” (“Compass”); CRM-system “Sail” (“Corporation SAIL”); 1C: Enterprise 8. CRM TRAC (joint solution “1C” and “1C-Rarus”).

Improve the economic stability of the whole will promote the use of corporate information systems, whose main task is to automate all functions from enterprise management business planning to analyze the results of the company. In larger enterprises it is expedient to implement information systems class ERP, for example, “Galaxy ERP» (corporation “Galaxy»), Microsoft Dynamics AX (Corporation Microsoft), IT-company (Corporation “Information Technology”), and others. Corporate information systems are complex, expensive and require customization.

The market information systems presented as complex information systems, which do not belong to the class of ERP systems, but aimed at the implementation of the set of management tasks. Examples include:

“1C: Enterprise 8. Management of agricultural enterprise” (the company “1C” and the company “INTECO Black Earth”); “AdeptIS: Agricultural complex” system “1C: Enterprise 8” (ZAO AdeptIS); the Software product “Sail-agriculture” (“Corporation SAIL”), and others.

Most enterprises implemented several information systems, such as electronic document management system, the system of personnel management, accounting package, CRM-system. In this case, it is necessary to solve the problem of the data consolidation, so it is necessary to choose a system compatible with each other, having the possibility to work with a common database.

4. Discussions

Revealed the following problems of the use of agricultural information resources of China and the Republic of Belarus:

- 1) The deficit of the market and scientific and technical information;
- 2) Information flows not aimed at the maintenance of the rural population;
- 3) The backlog of information technology on modern requirements for the construction of information systems;

- 4) Lack of close international exchanges between China and Belarus in the field of information systems in agriculture.

It proposed to allocate the following basic directions of information flows within the information system of agricultural enterprises:

- Definition of the market status of the enterprise (organization);
- Determination of the objectives and strategies of its activities;
- Decision of tools and instruments of the strategy.

Modern conditions of production in agricultural enterprises require a large amount of information resources. The most important components of a socio-economic information based on accounting data. For the purposes of strategic planning, economic analysis and monitoring proposed to divide flows of socio-economic information on the areas of accounting:

- Administrative,
- Financial,
- Tax.

According to the established concept of the agricultural information system of the enterprise, information, aggregated by fields of accounting, management transferred to the enterprise, which decides:

- Volume and product mix;
- Purchase of material and technical resources;
- Sale of finished products;
- Introduction of innovative technologies.

Expected results from the implementation of a new information system of strategic management:

- Optimization the relationship between the units;
- Streamlining electronic document;
- Increase staff motivation;
- Achieving positive financial results of the company.

5. Conclusions

Scientific article for authors highlighted the problem of the use of information resources in agribusiness (in the context of improving the sustainability of agricultural production):

Existing information systems do not provide the stability of the complex, and affect only certain types of sustainability,

Existing diversity of software products requires adaptation to each other in terms of information exchange and sharing.

During for new approaches to these problems, the author a conceptual model of information system of the agricultural enterprises. The essence of the conceptual model is that it integrates the methodological principles of the agricultural information system of the enterprise. The effectiveness of the model tested on the example of the functioning of the agricultural enterprises of the Republic of Belarus and the People's Republic of China.

References

1. First published in Green, C.D., Shore, M., & Teo, T. (Eds.) (2001). *The Transformation of Psychology: Influences of 19th-Century Philosophy, Technology, and Natural Science* (pp. 133–152). Washington, DC: American Psychological Association.
2. Friedman J. (2005) Popper, Weber and Hayek the epistemology and politics of ignorance. *Critical Review 17, nos.1-2* ISSN 0891-3811. www.criticalreview.com
3. Sakai T. *Riemannian Geometry. Translations of Math. Monographs*, vol. 149, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 1995, xiv+358 pp., ISBN 0-8218-0284-4.
4. von Weizsäcker E., Hargroves K., Smith, M. Desha, C. and Stasinopoulos P. (2009). *Factor 5: Transforming the Global Economy through 80% Increase in Resource Productivity. Earthscan, UK and Droemer, Germany.* ISBN 978-1-84407-591-1.
5. Peter F. Drucker (2005) *The Five Deadly Business Sins*. This series of articles on the work of Peter F. Drucker. The Wall Street Journal, online edition, December 27, 2005. www.lib.uwo.ca/business/dru.html
6. Pisello T., Strassmann P. (2003) *IT Value Chain Management – Maximizing the ROI from IT Investments. Information Economics Press.* www.strassmann.com

7. Trout J.D. (2009) *The Empathy Gap: Building Bridges to the Good Life and the Good Society*. Viking/Penguin, New York, February 2009. ISBN 0-670-02044-3.
8. Davis F.D., and Warshaw P.R. (1992) Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace. *Journal of Applied Social Psychology* (22:14), pp. 1111–1132.
9. Goodhue, Dale L; Thompson, Ronald L (1995) Task-technology fit and individual performance. *MIS Quarterly; Jun 1995; 19, 2; ABI/INFORM Global* pg. 213.
10. Gebauer J., Michael J. Shaw, Michele L.G. (2010) Task-technology fit for mobile information systems. *Journal of Information Technology* 25, 259-272 (September 2010) | doi:10.1057/jit.2010.10.
11. Mark T. Dishaw, Diane M. Strong, D. Brent Bandy (2002) Extending the task-technology fit model with self-efficacy constructs. *Eighth Americas Conference on Information Systems*, pp. 1021–1027.
12. Samia Al-Mehmadi (2012) TTF and TAM in Online Shopping: An Integrated Model. Developmental (Discussion) Paper. *International Journal of Management and Marketing Academy*, Vol. 1, No. 2, pp. 106–125.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Uladzimir Buts, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Economic Faculty
Belarusian State Agricultural Academy
5, Michurina Str., Gorki, Mogilev region, 213407, Belarus
butz_wladimir@hotmail.com

Zhang Tszindong, Master Student of the Economic Faculty
Belarusian State Agricultural Academy
5, Michurina Str., Gorki, Mogilev region, 213407, Belarus
kingdomzhang118@gmail.com

DOI: 10.12731/2227-930X-2016-2-137-151

PROGRAM AND GOAL-ORIENTED DEVELOPMENT OF THE MUNICIPALITY

Yankovskaya V.V.

The article presents weaknesses of the Socio-Economic Development Program (SED) with further optimization and formulation of the strategy. Dubna SED is studied by means of qualitative modification of the system of indicators used to assess SED Program priorities. Qualitative analysis of the Program of Socio-Economic Development of naukograd Dubna 2011–2015 enabled to assess its opportunities and prospects. Theoretical aspects of planning as a function of local government have been studied while analyzing activity of the municipality. Analysis of target values of key social indicators in the town for 2012 and 2014 finally resulted in a vivid picture of qualitative modification of the system of indicators for assessing SED Program priorities in this municipality.

The research was based on actual materials referring to Dubna SED, namely, target programs, forecasts, development strategy, and the Mayor's reports on local government activity.

***Keywords:** program; SED; municipality; performance indicators; planning principles.*

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЕ РАЗВИТИЕ МУНИЦИПАЛИТЕТА

Янковская В.В.

Сегодня осуществляется попытка выявить слабые стороны Программы социально-экономического развития (СЭР), с последующей оптимизацией и разработкой стратегии, рассматривает-

ся социально-экономическое развитие города Дубна, посредством качественной модификации системы показателей, используемых для оценки приоритетности целей программы СЭР. Качественный анализ Программы социально-экономического развития наукограда Дубна на 2011–2015 гг. позволил оценить её возможности и перспективы. В ходе анализа деятельности муниципалитета исследовались и теоретические аспекты планирования как функции органов местного самоуправления. Анализ контрольных значений основных показателей социально-экономического развития г. Дубны за 2012 и 2014 гг., дал в конечном итоге наглядную картину качественной модификации системы показателей для оценки приоритетности целей программы СЭР данного муниципалитета.

Целью статьи является выявление слабых сторон Программы СЭР, с последующей оптимизацией и разработкой стратегии. На примере социально-экономического развития подмосковного города Дубна.

Исследования проводились на основе фактических материалов о социально-экономическом развитии г. Дубны, в частности целевых программ, прогнозов, стратегии развития, отчетов Главы города о деятельности органов местного самоуправления.

Ключевые слова: программа; социально-экономическое развитие; муниципалитет; показатели эффективности; принципы планирования.

In Russia, as in a federal state, challenges of government control of regional development are met at a federal and regional level.

The federal subjects of Russia control development of their territories, first of all, elaborating and implementing SED strategies and programs within their powers.

Planning is one of the main functions of the local government. Planning determines development goals, ways and methods, and inspection standards needed to achieve these goals.

Principles of municipal planning are as follows:

1. Deputies, administrative employees, specialists and experts are to be involved in planning. It enables to set the priorities.
2. Planning is a recurrent process. While planning, it's necessary to take into account results of the previous planning period and, if necessary, to make adjustments.
3. Possible changes in "external environment", assuming changes in the plan, are to be considered at planning.
4. Planning involves "horizontal" coordination. "Vertical" integration is effected when local government authorities participate in execution of different federal and regional programs.
5. Arrangement of necessary conditions for plan fulfillment.
6. Scientific character of planning.
7. Process of municipal planning is to be controlled by the special body (planning committee), formed from representative of different departments chaired by the head of administration or his deputy [8].

At the moment, medium-term planning is the basis of the SED municipal planning. Municipal budget is enacted for 1 year; financial plan and SED forecast are made for 3 years.

Town goal-oriented programs are set up for 3–5 years. Today, two long-term federal programs are effective in the town: Naukograd Development Program for 25 years and Program for Establishment of the Technology Innovative SEZ since 2007 to 2017 is revised.

Now, the Program of Socio-Economic Development of Dubna as a naukograd of the **Russian Federation 2012–2016** is implemented in the town. **For the last four years the program has not been essentially amended.**

The author thinks that the regional SED strategy is to be composed of two main blocks. The first block (the strategy) means the most important long-term goals and priorities of regional SED (10–15 years), as well as their substantiation. The second block means the regional SED program for the next planned period (five years).

In S.A. Nekhaev's view, the president of the network holding WEB-PLAN Group, regional SED programs, elaborated and implemented today according to the Federal Law of the Russian Federation, have some methodological miscalculations that do not enable to make the most of the regional potential and the whole variety of existing investment vehicles, technologies and instruments, and thus, in fact cannot encourage additional investments to the region and cannot use extra-budgetary resources for financing regional programs [3].

V.V. Kukushkina, the author of the monograph *Models and Methods of Strategic Planning and Development*, underlines the following methodological approaches used to elaborate SED forecasts, strategic programs and plans [2]: system-comprehensive approach; system-program approach; system-multiplier approach; system-normative approach; system regime of economy; system-dynamic approach. Having studied the monograph, it may be concluded that system-normative and system-program approaches were used to elaborate the Program of Socio-Economic Development of Dubna as a naukograd of the Russian Federation. The Program contains social targets providing for achievement of a special level of the social system, Program implementation period and sources of financing. In order to improve quality of programs it is necessary to assess them, that will enable to find out their advantages and/or disadvantages on different stages, as well as to ensure timely and proper adjustment.

The SED municipal program is to be analyzed according to the main assessment criteria based on the following stages [7]: structure and internal consistency. Thus, we pass to the qualitative analysis of the Program of Socio-Economic Development of Dubna as a naukograd of the Russian Federation 2012–2016.

Program structure analysis

Analytical part includes characteristics of economic and geographical position of the town, its socioeconomic status, and the key results

of the Program of Socio-Economic Development of Dubna as a naukograd of the Russian Federation 2008–2013.

The forecast of the Program includes basic lines of complex SED of the town and target values of key indicators of the Program of Socio-Economic Development of Dubna as a naukograd of the Russian Federation 2013–2017.

Competitiveness of the town and possible effect of environment, determining municipal development conditions, are not assessed in the Program. External challenges and threats for the municipality, aggregate potential and opportunities of the town are not identified.

A SWOT analysis enabling to make recommendations on the most effective way of using strengths and neutralization of weaknesses of the municipality was not carried out at Program elaboration. The Program does not include its implementation arrangements: program management, monitoring and evaluation. There are no arrangements to adjust Program activities. The Program contains no resource provision forecast. Extent of financing is fixed at budgeting for the following financial year on the basis of relevant budget opportunities. Thus, the author offers to reach program consistency, and then to implement it stepwise. Namely:

Program internal consistency

1. Adequacy (conformance of initial conditions with the main (strategic) goal and priorities of municipal economic and social development).

The Program offers the innovation strategy as a basis for town development. The innovation strategy provides for establishment of the Dubna science park, which is among the projects for formation of growth areas in the country due to intensification of innovation activity based on naturally interacting basic modules: territorial scientific and technological clusters; innovation belt around JINR and other scientific and engineering organizations of the town; University “Dubna” as a in-

novation-educational center of the naukograd; IT science park Russian Programming Center; Technology Innovative SEZ. Dubna economic priorities are as follows: development of information and telecommunication infrastructure, innovation infrastructure and research-and-production complex. Besides, the Program underlines development and implementation of the recreational potential of the town.

At the same time, elaboration and realization of the youth policy, formation of positive environment for entrepreneurship are not singled out as the main development lines. Today, only innovation projects are supported in the town. So, it's necessary to support not only innovation projects, but other submitted projects as well, primarily concerning the household sphere. One of the main tasks of forming positive environment for entrepreneurship is to create conditions stimulating the youth to do business.

Ecologic problems also are not among the main lines of complex SED of the town, although Dubna has a potentially dangerous object. JINR constitutes a danger of disastrous radiation pollution. Dubna is a flood-prone area due to the Ivankovo hydroelectric dam. Although official unemployment in Dubna has been growing since 2004, the Program has no measures to solve this problem. Besides, the Program does not contain such chapter as Investment Activity that includes a list of attractive investment projects holding information on number of working places, calculation of economic efficiency of the project, estimated production volume, payments into the budget, profitability and returns.

Thus, the Program places a premium on development of the scientific and innovation potential of the town. Status of the town "naukograd" promotes it. But, the naukograd Program at the same time is the complex SED Program of the town. It determines conditions for developing such spheres as: social, housing and community amenities, health service, culture, sport. Unfortunately, at present these lines of development are considered as supporting ones in Dubna.

Logic

Municipal SED goals and tasks, first, are to make allowance for the strategic direction, set in the regional Program, second, to be oriented at global problems and situations of municipal SED.

The Program is to contain logically successive interconnected elements: “strategic directions, tasks to achieve and solve them, activities, effective results that are not only expected but estimated as well”. It is the principal condition of Program efficiency [7].

In the Program the logic chain is broken due to lack of activities to achieve some tasks. Thus, for example, one of the key tasks of the Program is a stable growth of the taxation basis of all budgets, but there are no factors and activities stimulating this growth. One more task is to keep world leadership in scientific, scientific and technological and innovation activities, experimental development, trials and staff training being the priorities for the town. Nevertheless, as it was already mentioned above, the Program has no analysis of competitive environment, opportunities and external threats. Foreign economic activity is not determined as a line of development.

The Program does not consider development of a staffing system at enterprises of the scientific-and-production complex and the special economic zone, although this task was specified as a priority.

Program activities are insufficiently worked over many priorities, such as culture, informatization and telecommunication, commerce and services, development of the recreational potential of the territory.

Program activities financing plan is insufficiently thrashed out. It resulted in a discrepancy between some planned and actual values.

In 2012 the Development Strategy 2013–2017 was adopted in the town. Now, we can state that priority directions and specific activities, fixed in the Strategy, differ from the ones, fixed in the current Development Program.

Relevancy

In the course of Program implementation it is necessary to evaluate correspondence of indicators to the stated goals. That's why it is needed to find out, if conditions are fulfilled to achieve the system indicators, namely, timely and full information provision, but minimum interim values and indicators.

For the last four years the Program has not been sufficiently amended, and as a result we can see a divergence between some planned and actual values.

In order to assess the Program efficiency it is offered to analyze target values of SED key indicators, fixed in the Program, comparing them with the actual figures for the given years (Table 1). In our country transition to the market economy started in 1990. Before, the long-term planning based on extrapolation was practiced in the country. Nowadays, we can see a transition to the strategic planning enabling business and municipal entities to adapt to the quickly changing external environment and to make full use of their potential.

Analysis results show the feasibility of the SED indicators forecast, fixed in the Program. In 2012 we could see a minimum positive effect of program activities; in 2014 the effect was negative and equaled -5 of possible +11.

While planning municipal SED, first of all, local potential and production capabilities are taken into account. At that, a market analysis and investigation of its dynamics are nearly non-existent. Managerial staff often does not see the difference between strategic and long-term planning. If it is a long-term program, that is, valid for 5 years and more, it becomes a strategic one without a substantial correspondence with this notion. And strategic planning is understood as development and implementation of similar development programs. Besides, the problem is that in Russia almost there are no regulations of systemic character in strategic planning. In the Dubna Program there is no system monitoring of the external environment and the market. As a

result, in the course of implementation the Program is not amended according to the changing conditions of development.

Table 1.

**Analysis of target values of key social indicators,
Dubna, 2012 and 2014 [4, 5, 6]**

Performance Indicators	Units	2012				2014			
		Performance Indicator Values				Performance Indicator Values			
		Approved	Achieved	Relative deviation	Points	Approved	Achieved	Relative deviation	Points
RF tax revenue from the taxpayers registered in Dubna	Mln. RUB	1642.1	2702.6	1.646	+1	1966.0	2640.0	1.343	+1
Resident population (average annual)	Thous. people	68950	62534	0.907	-1	71000	65400	0.921	-1
Average salary in the town	RUB/month	17826.0	16148.64	0.906	-1	24395.0	17410.26	0.714	-1
Retail turnover	Mln. RUB	3551.4	4532.9	1.276	+1	4831.7	5544.3	1.147	+1
Paid services to the general public	Mln. RUB	1500.0	1605.72	1.070	+1	2120.0	1758.39	0.829	-1
Average housing per capita	Sq.m/man	21.7	23.85	1.099	+1	23.4	24.14	1.032	+1
Commissioning of residential houses built due to all sources of finance	Thous. sq.m	65.00	54.4	0.837	-1	90.0	68.0	0.756	-1
Residential floor area	Thous. sq.m	1501.51	1490.9	0.923	-1	1666.51	1579.0	0.947	-1
Employment in economy	person	37100	33460.0	0.902	-1	38600	32500	0.842	-1
Total salary budget in the town	Mln. RUB	5530.0	6484.0	1.173	+1	7830.0	6790.0	0.867	-1
Fixed investment due to all sources (budget allocations for the special economic zone excluding)	Mln. RUB	4315.5	4812.6	1.115	+1	6183.9	4464.8	0.722	-1
TOTAL					+1				-5

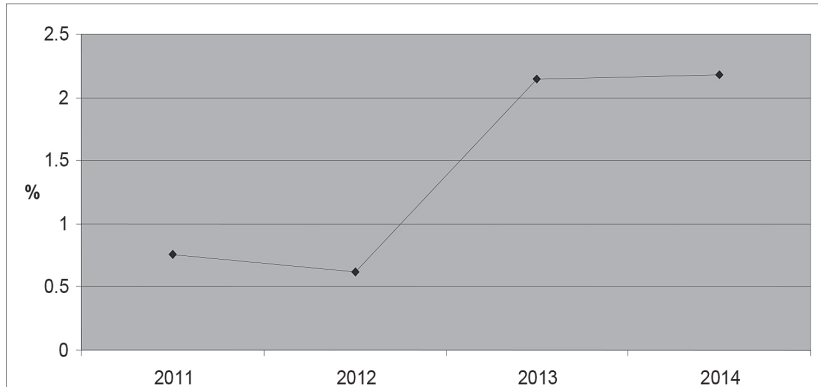


Fig. 1. Recorded unemployment 2011–2014, % [4]

Development indicators, fixed in the Program, and yearly performance indicators are inconsistent. Thus, it is necessary to elaborate the unified SED indicator system in order to analyze efficiency and performance of program activities, adjust goals and methods for their achievement. In spite of the fact that tax revenues are growing yearly, a lot of SED indicators, for example, recorded unemployment, availability of preschool facilities, have a reverse dynamics.

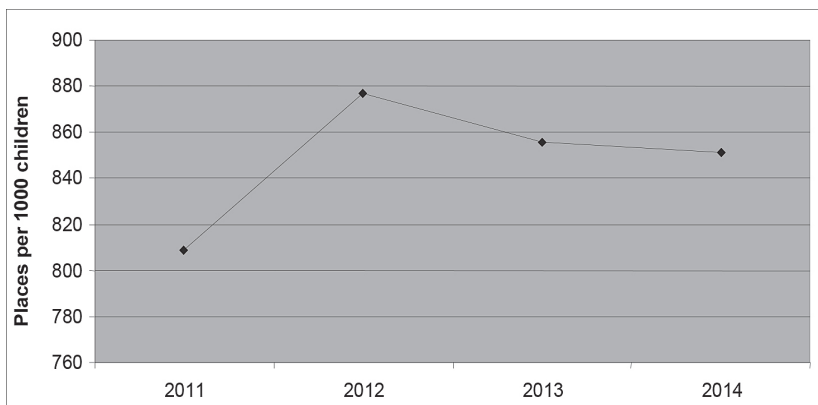


Fig. 2. Availability of preschool facilities, 2011–2014 (places per 1000 preschool children) [4]

Table 2.

Calculation of municipal social indicators		
Indicator and area for improvement	Formula	Value
Goal: Economic development.		
1. Production volume per capita	$F1 = V_t / \text{Ч}_t$	231.630
2. Production growth rate	$F2 = (V_t - V_{t-1}) / V_{t-1}$	1.099
3. Small business development level as a ratio of population employed in small business to total economically active population	$F3 = \frac{\text{Ч}_{\text{т}}'}{\text{Ч}_{\text{т}}}$	0.278
4. Share of profit-making companies	$F4 = \Pi t(+)/\Pi t$	0.857
5. Total internal investment resources as a sum of depreciation and profit remaining at the disposal of local enterprises per capita	$F5 = AS t / \text{Ч}_t$	219.198
Goal: Social development.		
6. Living standards of population as a ratio of average money income and income in kind (in value terms) per capita	$F6 = D t / \text{Ч}_t$	0.291
7. Number of cars per population (per 1000 men)	$F7 = 1000 A t / \text{Ч}_t$	367
8. Availability of landline (per 1000 men)	$F8 = 1000 T t / \text{Ч}_t$	798
9. Availability of hard roads	$F9 = W t / (\text{sqrt} \text{Ч}_j S_j)$	0.042
10. Paid services for populations (per capita)	$F10 = U t / \text{Ч}_t$	25.637
Goal: Ecologization of the territory		
11. Pollution level	$F11 = \frac{Y_t}{(\text{Ч}_j \times S_j)}$	23.601
12. Accumulated anthropogenic change of the territory evaluated by the town natural protection factor	$F12 = (S_{j1} + 0,8S_{j2} + 0,6S_{j3} + 0,4S_{j4} + 0,2S_{j5}) / S_j$ S j1 – wooded lands, S j2 – trees and shrubs lands falling outside the forest fund, S j3 – swamps, S j4 – agricultural lands, S j5 – underwater lands.	0.492

In order to determine the development priority, calculations set forth in Table 2 should be made [8].

Then, we scale the indicators and calculate the arithmetical average of the indicators by goals.

Economic development: 0.0906.

Social development: 0.2380.

Ecologization of the territory: 0.0112.

In the furtherance of identified issues the author offered to form a working group on the basis of the Department of Public Administration at the University “Dubna”, which would cooperate with the town administration on elaboration of the next SED program. Functions of a working group: SWOT, STEP, ETOM analyses of the municipal formation Dubna Urban District; determination of the town cumulative potential and its competitive advantages; elaboration of the system of SED indicators to forecast and monitor Program implementation, all plan documents of the town; determination of the Program structure; coordination of Program activities with town priorities. At the moment, these offers are admitted to examination by the town administration.

Conclusion

- Medium-term planning is the basic planning in Dubna.

Qualitative assessment of the SED Program enabled to find out the following weaknesses of the Program. A SWOT analysis was not carried out at Program elaboration. There is no evaluation of town competitiveness and possible external influence. The Program does not include its implementation arrangements and arrangements to adjust Program activities. The Program contains no resource provision forecast. The Program places a premium on development of the scientific and innovation potential of the town. At that, it does not provide activities on some areas of concern, such as decline in unemployment, implementation of the youth policy, etc. As a result, the logic chain “priorities-tasks-program activities-expected results” is broken. Program activities and their financing plan are insufficiently worked over such priorities as culture, informatization and telecommunication. It resulted in a discrepancy between some planned and actual values.

- Based on the comparative analysis of the Development Strategy 2013–2017, adopted in 2012, and the Development Program we can state that priority directions and specific activities, fixed in the Strategy, differ from the ones, fixed in the current Development Program.

- Target values of SED key indicators for 2012 and 2014 have been analyzed. In 2012 we could see a minimum positive effect of program activities; in 2014 the effect was negative and equaled -5.
- The current Dubna Program is not a strategic one. There is no system monitoring of the external environment and the market. As a result, in the course of implementation the Program is not amended according to the changing conditions of development.
- Development indicators, fixed in the Program, and yearly local government performance indicators are inconsistent.
- In spite of the fact that tax revenues are growing yearly, a lot of SED indicators, for example, recorded unemployment, availability of preschool facilities, have a reverse dynamics.
- Following the SED Program analysis, the author offered to form a working group of teachers and students on the basis of the Department of Public Administration, which would cooperate with the town administration on elaboration of the next SED program, namely: SWOT, STEP, ETOM analyses of the municipal formation Dubna Urban District; determination of the town cumulative potential and its competitive advantages; elaboration of the system of SED indicators to forecast and monitor Program implementation; determination of the Program structure; coordination of Program activities with town priorities.
- The research resulted in identification of instruments and directions for improving the system of indicators to assess priorities of the municipal SED Program, to evolve its implementation strategy and algorithm that will finally produce a synergetic effect.

References

1. Information and reference material on the socio-economic development of Dubna 2004–2016.
2. Kukushkina V.V. *Modeli i metody strategicheskogo planirovaniya i razvitiya* [Models and methods of strategic planning and development]. Moscow: VINITI, 1999. P. 242.

3. Nekhaev S.A. Formirovanie programm sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regionov Rossii v usloviyakh globalizatsii mirovoy ekonomiki [Elaboration of SED programs for Russian regions in the age of the world economic globalization]. *FINANSY.RU*. 2004.
4. The Mayor's performance report for 2006–2014.
5. SED forecasts 2011–2016.
6. SED Program of Dubna as a naukograd for 2011–2015.
7. Roshchina I.V. Grinkevich L.S. Skvoznoy integrirovanny podkhod k otsenke programm sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territoriy [End-to-end integrated approach to estimation of the programs of social-economic development of territories]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal of Economics]. 2008. №. 3(4).
8. The development strategy of the city on 2013–2017.
9. Regional planning as an important element of the system of strategic planning and forecasting of development of the Russian Federation and municipal formations. Information Analysis Department of the State Council of the Republic of Adygea. 2009. <http://www.gshra.ru/main/socially/>.
10. Shamalov Yu.N. *Ekonomicheskoe obosnovanie programmy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona (na primere Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga)* [The economic rationale of the program of socio-economic development of the region (on the example of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug)]. Moscow, 2007.

Список литературы

1. Информационно-справочный материал о социально-экономическом развитии г. Дубны в 2004–2016 гг.
2. Кукушкина В.В. Модели и методы стратегического планирования и развития. М.: ВИНТИ, 1999. 242 с.
3. Нехаев С.А. Формирование программ социально-экономического развития регионов России в условиях глобализации мировой экономики // *ФИНАНСЫ.RU*. 2004.

4. Отчеты Главы города об итогах работы за 2006–2014 гг.
5. Прогнозы социально-экономического развития 2011–2016 гг.
6. Программа социально-экономического развития г. Дубны как наукограда РФ на 2011–2015 гг.
7. Рощина И.В. Гринкевич Л.С. Сквозной интегрированный подход к оценке программ социально-экономического развития территорий // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 3(4).
8. Стратегия развития города на 2013–2017 гг.
9. Территориальное планирование как важный элемент системы стратегического планирования и прогнозирования развития Российской Федерации и муниципальных образований // Информационно-аналитическое управление Аппарата Государственного Совета-Хасэ Республики Адыгея. 2009. <http://www.gshra.ru/main/socially/>
10. Шамалов Ю.Н. Экономическое обоснование программы социально-экономического развития региона (на примере Ханты-Мансийского автономного округа): автореферат. М., 2007.

DATA ABOUT THE AUTHOR

Yankovskaya Veronica Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Theory of Management and Business Technologies
Plekhanov Russian University of Economics
36, Stremyanny lane, Moscow, 117997, Russian Federation
managreu@gmail.com

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Янковская Вероника Владимировна, кандидат экономических наук, доцент
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Российская Федерация
managreu@gmail.com

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

<http://ijournal-as.com/>

Объем статей: 7-12 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-9. Рукописи большего объема принимаются по специальному решению Редколлегии.

Поля все поля – по 20 мм.

Шрифт основного текста Times New Roman

Размер шрифта основного текста 14 пт

Межстрочный интервал полуторный

Отступ первой строки абзаца 1,25 см

Выравнивание текста по ширине

Автоматическая расстановка переносов включена

Нумерация страниц не ведется

Формулы в редакторе формул MS Equation 3.0

Рисунки по тексту

Ссылки на формулу (1)

Обязательная структура статьи

УДК

ЗАГЛАВИЕ (на русском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на русском языке)

Аннотация (на русском языке)

Ключевые слова: отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

ЗАГЛАВИЕ (на английском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на английском языке)

Аннотация (на английском языке)

Ключевые слова: отделяются другот друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

1. Введение.
2. Цель работы.
3. Материалы и методы исследования.
4. Результаты исследования и их обсуждение.
5. Заключение.
6. Информация о конфликте интересов.
7. Информация о спонсорстве.
8. Благодарности.

Список литературы

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

References

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

Электронный адрес

SPIN-код в SCIENCE INDEX:

DATA ABOUT THE AUTHORS

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций,полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

Электронный адрес

AUTHOR GUIDELINES

<http://ijournal-as.com/en/>

Volume of the manuscript: 7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7-10.

Margins all margins – 20 mm each

Main text font Times New Roman

Main text size 14 pt

Line spacing 1.5 interval

First line indent 1,25 cm

Text align justify

Automatic hyphenation turned on

Page numbering turned off

Formulas in formula processor MS Equation 3.0

Figures in the text

References to a formula (1)

Article structure requirements

TITLE (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

Abstract (in English)

Keywords: separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

1. Introduction.

2. Objective.

3. Materials and methods.

4. Results of the research and Discussion.

5. Conclusion.

6. Conflict of interest information.

7. Sponsorship information.

8. Acknowledgments.

References

References text type should be Chicago Manual of Style

DATA ABOUT THE AUTHORS

Surname, first name (and patronymic) in full, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

E-mail address

SPIN-code in SCIENCE INDEX:

Доступ к журналу

Доступ ко всем номерам журнала –
постоянный, свободный и бесплатный.
Каждый номер содержится в едином файле PDF.

Open Access Policy

All issues of the ‘International Journal
of Advanced Studies’ are always open and free access.
Each entire issue is downloadable as a single PDF file.

Максимальный объем: до 10 Мб.

Твердая копия электронного журнала.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «ЛитераПринт»
г. Красноярск, ул. Гладкова, 6, офис 0-10
Подписано в печать и дата выхода: 30.06.2016. Заказ IJAS22016.
Тираж 5000. Усл. печ. л. 11,12. Формат 60×84/16.